

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra veterinárních disciplín



Smyslové vnímání u psů

Bakalářská práce

Autor práce: Markéta Němečková

Vedoucí práce: prof. Mgr. Ing. Markéta Sedmíková, PhD.

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Smyslové vnímání u psů" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13. 4. 2016

Poděkování

Ráda bych touto cestou velice poděkovala prof. Mgr. Ing. Markétě Sedmíkové, Ph.D., vedoucí mé bakalářské práce, za její ochotu, cenné rady a užitečné připomínky, které mi napomohly ke zpracování této bakalářské práce.

Smyslové vnímání u psů

Souhrn

Má práce shrnuje poznatky aktuální vědecké literatury, především hlavní informace o smyslovém vnímání psů, o nejdůležitějších anatomických strukturách, které smyslové vnímání zajišťují a také informace o mechanismech převádějících podněty z vnějšího prostředí přes receptory a smyslové orgány do centrální nervové soustavy.

Zabývá se jednotlivými smysly psa přes zrak, chuť, čich, sluch a rovnováhu, a část se věnuje také problematice bolesti. Shrnuje také jednotlivé odlišnosti smyslů psa od ostatních savců včetně člověka a krátce také využití smyslů ve prospěch člověka.

Závěr práce je věnován především seřazením jednotlivých smyslů psa dle důležitosti pro každodenní orientaci psa v běžném životě a také využití smyslového vnímání psů člověkem.

Klíčová slova: pes, zrak, čich, chuť, sluch, smysly, receptory, bolest,

Canine Sensory Perception

Summary

My bachelor thesis summarizes the findings of the current scientific literature about the following: the sensory perception of dogs, the anatomical structures that provide sensory perception, as well as the mechanisms for transferring stimuli from the outside environment via receptors and sensory organs to the central nervous system.

It analyses dog's senses, specifically sight, taste, smell, hearing and balance, eyesight and part also deals with the issue of pain. It presents the individual differences senses the dog from other mammals, including mankind, and shortly using dog's senses for people.

The conclusion is devoted primarily to the ranking of each dog according to relevance for dog's orientation in everyday life and also for the use of sensory dog with man.

Keywords: dog, vision, olfactology, taste, hearing, receptors, pain

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Cíl práce.....	8
3	Literární rešerše	9
3.1	Nervový vzruch.....	9
3.2	Hmatové receptory	12
3.3	Termoreceptory	13
3.4	Zrak.....	13
3.5	Čich	20
3.6	Sluch	25
3.7	Chuť	31
3.8	Bolest.....	32
3.9	Využití psích smyslů člověkem	35
4	Závěr	40
5	Seznam obrázků.....	41
6	Bibliografie	42

1 Úvod

Pes byl domestikován již před 15 tisíci lety. Od té doby je člověkem více či méně využíván k různým účelům a prakticky žije po jeho boku. Dnes je hlavně domácím mazlíčkem a společníkem a tvoří téměř plnohodnotného člena rodiny. Dříve byl pes využíván hlavně po pracovní stránce, což není ani dnes velkou výjimkou. Ke všem činnostem, ke kterým pes byl nebo je využíván, se nějak pojí smyslové vnímání tohoto druhu. Ať už jde o hlídání objektů, vyhledávání různorodých předmětů, chemikálií, drog, výbušnin, nebo asistenční využití psa osob, které na základě určitého handicapu potřebují specifickou pomoc.

Čich je prokázán jako nejvyužívanější smysl psa, díky kterému je možné vycvičit psa, aby byl neomylně schopen vyhledat výbušniny, drogy, nebo pachatele trestného činu pouze na základě té nejmenší pachové stopy. Této problematice se věnuje obor, který je odborně nazýván kriminalistická odorologie.

Pes má také velice vyvinutou schopnost sluchového vnímání, na čemž se podílí především velké a oproti člověku několikanásobně pohyblivější ušní boltce, které jsou tak schopny nasměrovat i ty nejtišší zvuky přímo do vnějšího zvukovodu. Výborný sluch je využíván v asistenční sféře ve chvíli, kdy je pes využíván jako signální pes pro osoby se sluchovým postižením.

Zrak není nejvyvinutějším smyslem u psa, ale je stále natolik vyvinut, že jsou na základě něho psi hojně využíváni jako vodící asistenti osob se zrakovým postižením.

2 Cíl práce

Cílem mé práce bylo shrnout poznatky aktuální vědecké literatury o smyslovém vnímání psů. Zpracovat základní anatomickou stavbu jednotlivých smyslových orgánů a také popsat základní principy a mechanismy převodu vnějších podnětů do vnitřního prostředí centrální nervové soustavy. Cílem bylo také objasnit principy vnímání bolesti a její potlačení.

3 Literární rešerše

3.1 Nervový vzruch

Podněty z vnějšího prostředí jsou zpracovávány ve smyslových orgánech. Do orgánů se dostávají pomocí aferentních nervových drah, které jinak také nazýváme sensorická – smyslová vlákna. Podnět je přijat smyslovým receptorem, periferní součástí aferentního axonu. Tento smyslový receptor přemění podnět na akční potenciál. Ten je aferentní nervovou drahou převeden až do mozkové kůry a odtud do určitého reflexního centra centrální nervové soustavy. Podněty mohou být jak světelného, zvukového, tepelného, chemického anebo mechanického typu.

Mezi smyslové vnímání zahrnujeme na základě těchto typů podnětů zrak, sluch, čich, chuť a hmat – u psů spíše pocit bolesti, a také orientaci v prostoru (Marvan, 2007; Reece, 2011; Orel et Facová, 2010).

Smyslové receptory

Smyslový receptor je základní a periferní část smyslového orgánu. Můžeme je rozlišit na jednoduchá volná nervová zakončení a na složité orgány specializovaných smyslů.

Smyslové orgány vznikly z receptorů, které se uspořádaly do systémů. Smyslové orgány s více receptory jsou pak schopny rozkódovat mnohem více akčních potenciálů a převést je tak na informace, než jeden samotný receptor (Reece, 2011; Orel et Facová, 2010).

Senzorické receptory lze rozdělit do tří základních skupin.

- Exteroreceptory
- Interoreceptory
- Proprioreceptory

(Reece, 2011)

Exteroreceptory

Exteroreceptory reagují na podněty, které se odehrávají u povrchu těla. Jsou jimi například smyslová tělíska, nebo specializované receptorové orgány sluchu a také zraku. Smyslová tělíska reagují na pocity chladu, tepla, na tlak nebo dotyk.

Exteroreceptory se mohou dále dělit na distanční (zahrnuje smysly čich, zrak a sluch) a kontaktní (hmat, kožní cití) (Reece, 2011).

Interoreceptory

Interoreceptory jsou orientovány na podněty přicházející zevnitř těla. Patří mezi ně receptory uvnitř tělesných orgánů a také receptory chuťové.

Reagují velice dobře například na změnu pH, rozšíření a stahy například ve střevech nebo žaludku a proudění tekutiny například v močovém měchýři.

Mohou se dále rozdělovat na chemoreceptory, baroreceptory a tenzoreceptory (Orel et Facová, 2010; Reece, 2011).

Proprioreceptory

Proprioreceptory se stejně jako interoreceptory nacházejí uvnitř těla, především v příčně pruhované svalovině, šlachách, vazech a kloubních pouzdrech. Přijímají informace o umístění jednotlivých částí těla v prostoru. Za proprioreceptory jsou považovány svalová vřeténka, Golgiho šlachová tělíska nebo kloubní receptory.

Svalová vřeténka a šlachová tělíska reagují na protažení a také brání nepřírozenému natažení svalů, šlach a vazů. Vřeténka zajišťují svalový tonus - napětí, a díky tomu zvyšuje účinnost svalového stahu. Tento mechanismus zabraňuje upadnutí zvířete v důsledku gravitační přitažlivosti.

Kloubní receptory vnímají polohu těla díky jejich citlivosti na postavení kloubů a jejich momentální úhel (Reece, 2011).

Adekvátní stimul

Adekvátní stimul je pojem, který označuje určitou kvalitu stimulu, na kterou odpovídá receptor adekvátní reakcí. Smyslové receptory jsou tak zaměřeny pouze na určitý druh podnětu. Odezva buněk na stimul je taktéž velice důležitou vlastností receptorů, jelikož je důležité, aby byly buňky schopny předávat informace o měnících se podnětech, což někdy bývá otázkou několika vteřin (Orel et Facová, 2010; Dubový et Jančálek, 2014; Reece, 2011).

Práh detekce a maximální práh

Práh detekce je pojmem pro označení nejslabší možné intenzity daného stimulu pro jeho přijetí receptorem.

Maximální senzoričský práh je naopak maximální možná intenzita podnětu, na kterou je určitý receptor ještě fyziologicky schopen zareagovat (Orel et Facová, 2010; Reece, 2011).

Zpracování smyslového podnětu

.Vjem vzniká v blízkosti smyslových receptorů, jejichž součástí je membrána specializovaná pro konkrétní podnět. Ten v buňce odstartuje řetězec reakcí, ať už na nitrobuněčné nebo membránové úrovni, na jehož konci je pozměněna aktivita iontových kanálů buněčné membrány. Iontové kanály se otevřou pouze pro některé ionty a to pozmění klidový stav buněčné membrány a tento stav se nazývá receptorový potenciál. To ve výsledku znamená, že receptorová buňka převádí svůj typ stimulu, na který je uzpůsobena, na membránový proud, který vyvolává onu změnu membránového potenciálu. Signál je pak předán do mozku (Reece, 2011; Orel et Facová, 2010; Nicholls, 2013).

Akční potenciál

Stimuly z vnějšího prostředí jsou převáděny do energie nervového impulzu. Akční potenciál je rychlý sled událostí, který vznikne pouze za dosažení prahové hodnoty potenciálu. Pokud je intenzita receptorového potenciálu pod hranicí prahové hodnoty, akční potenciál nikdy nevznikne. Pokud není v axonu dokončen celý akční potenciál, nikdy nezapočne vznik dalšího vzruchu tohoto typu. Po každém proběhnutí akčního potenciálu následuje takzvaná refrakterní fáze, což je chvilka klidu před započítím dalšího vzruchu (Orel et Facová, 2010; Dubový et Jančálek, 2014).

Synaptický potenciál

Synaptický potenciál je elektrický impulz probíhající na spojení mezi jednotlivými neurony a jejich cíli. Mezi synapsími dvou neuronů existuje štěrbina a tak musí být vzruchy přenášeny pomocí neurotransmiterů. Přenos těchto vzruchů je možný pouze jedním směrem (Reece, 2011; Orel et Facová, 2010).

Adaptace

Receptory jsou schopny adaptovat se, pokud určité podněty přetrvávají delší dobu ve stejné frekvenci a intenzitě. Na základě této schopnosti je pak organismu umožněno reagovat na změny a také rozpoznávat nové smyslové podněty i přes probíhající stimulaci jinými podněty. Dle intenzity odpovědi v čase můžeme rozdělit receptory na rychle a pomalu se adaptující. Tonické neboli pomalu se adaptující receptory, což mohou být například svalová vřeténka reagující na protažení vláken, jsou prakticky neustále plná akčního potenciálu a tak má centrální nervová soustava neustálou informaci o délce trvání podnětu. Výsledkem stimulace je tak svalový tonus, který má za následek neustálé slabé svalové napětí. Naopak

fázické receptory jsou receptory rychle se adaptující. Na stimul tak reagují pouze na začátku stimulu a jejich odpověď se rychle snižuje. Příkladem těchto receptorů jsou Vater Paciniho tělíska, která reagují na tlak (Dubový et Jančálek, 2014; Reece, 2011; Nicholls, 2013).

3.2 Hmatové receptory

Hmat, je krátce po narození psa jedním z nejdůležitějších smyslů pro poznávání světa. Je to způsobeno tím, že ostatní smysly, které pes později využívá, nejsou ještě zdaleka vyvinuty.

U psů rozlišujeme dva typy receptorů, které reagují na tlak. Prvním typem jsou receptory, které jsou umístěny u kořene srsti na povrchu psího těla. Druhým typem jsou receptory, které jsou umístěny hluboko pod kůží. Pes má různě citlivé části těla. Za nejcitlivější část bývá považován čenich, který je bohatě inervován. Psí tlapky jsou považovány za neméně citlivou část, na základě toho většina psů hůře snáší bezdůvodné doteky na tlapkách. V této části psího těla jsou také lokalizovány receptory, které registrují otřesy.

Štěňata využívají hmat také ve chvíli, kdy jsou krmena mlékem od jejich matky, při takzvaném mléčném kroku, díky němuž dochází ke stimulaci mléčné žlázy a zvýšení průtoku mléka.

Mezi specializované hmatové receptory patří sinusové chlupy, jinak nazývané také jako hmatové vousky. Tyto vousky jsou na rozdíl od normální srsti delší, tupé a jejich kořínky jsou umístěny mnohem hlouběji než kořeny běžných chlupů. Kořínky sinusových chlupů jsou také silně prokrvené a inervované. V mozkové kůře náleží každému sinusovému chlupu jeden celý komplex nervových buněk. Tyto chlupy se nacházejí na čenichu, před uchem, nad okem, na předních končetinách a předloktí. Pes je využívá nejen k orientaci v prostoru. Poskytují mu také informace o předmětech, které se nacházejí v jeho okolí, o jejich poloze, velikosti, tvaru. Na výstavách se často můžeme setkat se psy, kteří mají tyto hmatové vousy ustřižené. To je považováno za nevhodné právě, protože je pes používá k orientaci. Velice důležité jsou tyto vousky pro psy slepé nebo s vadou zraku. Vědci už se pokouší tyto dokonale fungující vousy nahradit a na Northwestern University v Evanstonu se dokonce povedlo ženě jménem Mira Hartmann sestavit s pomocí svého studenta robota s uměle vyrobenými sinusovými vousy, který je schopen rozeznat rysy lidské tváře (Reece, 2011; Huet et Hartmann, 2014; Coren, 2008).

3.3 Termoreceptory

Existence tepelných receptorů nebyla ještě prokázána histologicky, nicméně se vědci domnívají, že se jedná o volná nervová zakončení, která reagují na teploty různé od přirozené tělesné teploty. Existují dva typy termoreceptorů. Receptory, které reagují na teplotu o něco vyšší, než je přirozená teplota těla, a receptory, které reagují na teplotu o něco nižší. Fyziologická teplota psa je v rozmezí 37,5 – 39°C. Receptory reagující na chlad tak reagují na teplotu v rozmezí 10 – 37°C. Receptory reagující na teplo pak reagují na teplotu přibližně nad 30°C. Při teplotě nad 47°C už začíná docházet k poškozování tkání a do vnímání teploty vyšší než je tato hodnota se zapojují také receptory bolesti.

U psů byla objevena čidla u štěrbiny, která se nachází mezi nozdrami. Toto čidlo funguje jako radar ve chvíli, kdy se rozrušené štěně snaží nalézt matku. Nejprve se tímto receptorem snaží zachytit teplo přicházející matčina těla a snaží se ho následovat. Ve chvíli, kdy štěně matku nalezne, se jí tímto receptorem také dotkne a tím se cítí v bezpečí a uklidní se. Bylo zjištěno, že dospělí jedinci už tato čidla nepoužívají.

Úniku tepla z těla jedince zabraňuje pokožka a také srst (Kozyreva, 2006; Guyton et Hall, 2000; Coren, 2008).

3.4 Zrak

Psí oči pracují na prakticky stejném principu jako oči lidské, přesto však existují veliké rozdíly v tom, jak vnímá pes a jak člověk. Zrakovému systému psa je věnována podstatně menší část mozku a mnohem méně neuronů se podílí na získávání, analýze a přenosu zrakových informací, než je tomu u člověka. Na základě těchto faktů je více než jasné, že zrak není nejdominantnějším smyslem u psa tak, jako je tomu u člověka. Psí vnímání proto není tolik ovlivněno tím, co pes vidí.

Psí zrak je tedy mnohem slabším smyslem, než je tomu u člověka, ale v porovnání s ostatními živočišnými druhy má pes zrak naopak velice obstojný. Dá se ale říct, že v jistých vlastnostech zraku by mohl pes svým zrakovým vnímáním naopak člověka předčit. Pes má velice dobré prostorové vidění a také vyniká výborným odhadem vzdálenosti.

Mnoho psích plemen využívá těchto nejrůznějších vlastností zraku. Například ohař nebo jiné lovecké plemeno využívá odhad vzdálenosti při přinášení kořisti při lovu. Při sestřelení letícího ptáka pes snadno odhadne, kam zvíře dopadlo a je pro něho snazší kořist donést lovcovi. Ovčácká plemena musí být schopna při shánění stáda na pastvě dobře odhadnout i

nejdrobnější pohyby zvířat, a také musí z dálky vidět pohyby paže svého pána, který tak naznačuje směr, kam má pes běžet a hnát tak stádo. Chrti byli vyšlechtěni pro to, aby co nejrychleji vyzorovali a štvali divou zvěř. A nakonec vodící psi byli vycvičeni k tomu, aby svým zrakem vyhodnocovali informace za svého nevidomého pána a pomáhali mu tak v každodenním fungování.

Smysly se postupně vyvíjely tak, aby zajistily co nejlepší podmínky pro přežití a nejinak tomu bylo i u zraku (Coren, 2008).

Oko psa

Oko psa je uloženo v očnici. Je uloženo v různé hloubce podle plemenné příslušnosti jedince. Oko je složeno ze tří hlavních částí. Oční koule, zrakového nervu a přídatných zrakových orgánů, mezi které patří oční víčka, spojivky, slzné ústrojí a okoohybné svaly.

Oční bulbus se skládá ze tří vrstev, které jsou navzájem odlišné. První fibrózní vazivový obal, je vrstvou vnější. Střední vrstva je vaskulární část, tvořená cévním obalem. Vnitřní – nervová část oka je tvořena sítnicí (Reece, 2011; Tichá, 2010; König et Liebich, 2002).

Zevní vrstva oční koule – bělima a rohovka

Vnější vazivová část oční koule je vazivovým pouzdrem, které se skládá z bělimy, která zaujímá asi 4/5 povrchu oční koule a chrání hlubší vrstvy oka před zvýšením nitroočního tlaku a tlaku okoohybných svalů. V zadní části oka prochází bělimou zrakový nerv. Bělima není hojně prokrvena.

Přední část očního bulbu je pak tvořena epitelem zvaným rohovka (*cornea*). Rohovka je tvořena vlákny kolagenu a je průhledná. Její průhlednost se pak mění v závislosti na obsahu vody. Čím více vody rohovka obsahuje, tím se její průhlednost snižuje. Rohovka není cévně zásobena, je ale hojně inervována senzitivními nervy. Úkolem rohovky je zvětšovat nebo zmenšovat svůj povrch vůči bělimě a regulovat tak propustnost světla do nitra oční koule. Zvířata aktivní v noci mají tak větší plochu rohovky v poměru k bělimě. Například u kočky se může jednat až o 30% z celkového povrchu oční koule, zatímco u psa, který je aktivní hlavně ve dne, se jedná pouze asi o 17%. U šelem je rohovka kruhovitěho tvaru (König et Liebich, 2002; Reece, 2011).

Střední vrstva oční koule – cévnatka, čočka, duhovka

Cévnatka je nejtenčí strukturou této části oka a je silně protkána velkým množstvím cév a nervů. Je uložena těsně pod bělímou. Na vnitřní cévnatce se nachází vrstva, kterou nazýváme *tapetum lucidum*. Je to buněčná struktura, která je tvořena 9 až 20 vrstvami, a po chemické stránce je bohatá na zinek a cystein, což je aminokyselina. *Tapetum lucidum* umožňuje zpětný odraz světla na receptorové buňky, které jsou na základě tohoto jevu podrážděny ne jednou, nýbrž dvakrát. Toho je využíváno především při nižší intenzitě světla. Znamé oranžové nebo žluté světélkování psích očí je způsobeno právě odrazem světla od této buněčné struktury ven z oka.

Cévnatka rostrálně pokračuje v řasnaté tělísko. To má podobnou strukturální stavbu jako cévnatka, jen obsahuje navíc buňky hladké svaloviny, které vytvářejí sval řasnatého tělíska. Mezi rohovkou a sklivcem je uložena čočka. Je uložena v elastickém pouzdru a v klidovém stavu je konvexního tvaru. Není prokrvena ani inervována (Ollivier et al., 2004; Kottman, 2003; Tichá, 2010; Miller et Murphy, 1995).

Akomodace čočky

Čočka je schopna jevu, který se nazývá akomodace čočky. Pomocí změny tvaru čočky je oko schopno zaměřit různě vzdálené předměty. Změně tvaru čočky napomáhá závěsný aparát, který se buď napíná, nebo uvolňuje. Ideální je, pokud se vytvořený obraz nachází přesně na sítnici. S postupujícím věkem se pak akomodační schopnost čočky snižuje. Bylo také zjištěno, že u domácích zvířat není tak rozvinuta jako u lidí, pravděpodobně je to způsobeno ochablými svaly řasnatého tělíska.

Na cévnatku navazuje duhovka (*iris*). Je jedinou viditelnou částí cévnatky a není spojena ani s vnější ani s vnitřní vrstvou oka. Duhovka je část oka, která je bohatě pigmentovaná. Pigmentace duhovky je tím, o čem mluvíme jako o barvě očí, u psů se barva oka sleduje také při posuzování exteriéru. Někdy se může stát, že duhovka ani sítnice nejsou pigmentovány, pak nastává jev, který se nazývá albinismus a dochází k zviditelnění prokrvení oka a tím se zdá být oko červené. Uprostřed duhovky se nachází otvor, který se nazývá zornice (*pupila*). U psa má zornice kulatý tvar.

Duhovka řídí množství světla, které do oka pronikne. Děje se tak díky dvěma skupinám svalových buněk, které se v duhovce nacházejí. Cirkulárně uspořádané buňky jsou odpovědné za zmenšení plochy zornice. Tím je oko chráněno proti nadměrnému množství světla. Naopak radiálně uspořádané buňky inervované sympatickými vlákny se starají o rozšíření zornice a tím tak může do vnitřní části oka projít větší množství světla. Duhovka rozděluje přední

vnitřní část oka na přední a zadní oční komoru (Coren, 2008; Miller et Murphy, 1995; König et Liebich, 2002; Tichá, 2010; Kottman, 2003; Reece, 2011).

Vnitřní vrstva oční koule - sítnice

Sítnice (*retina*) je asi 0,1 mm tenká černá blanka. Je to vrstva tvořená černým barvivem fuscinem a pokrývá u psa přibližně 65% vnitřního povrchu oka. Fuscín napomáhá absorpci světla.

Je považována za část centrálního systému, protože je původem specializovanou částí ektodermu vedoucí až k mozku. Je rozdělena na zrakovou a slepou část, přičemž zraková je složena z fotoreceptorů – tyčinek a čípků.

Tyčinky jsou tvarem dlouhé a štíhlé a jsou specializovány na vidění v šeru, jelikož obsahují rodopsin. Čípky jsou kratší a silnější receptory, které umožňují barevné vnímání. Psi sítnice obsahuje poměrně větší množství tyčinek než čípků, což znamená, že je psí oko výborně vyvinuto pro vidění za snížené intenzity světla.

Rodopsin je na světlo citlivá látka. Za snížené intenzity světla dochází ke zvýšení koncentrace rodopsinu v tyčinkách. Tím je zajištěna maximální možná reakce s minimálním množstvím světla, které je v dané chvíli k dispozici. Naopak v prostředí, kde je světlo velmi intenzivní, dochází k opačnému procesu. Díky světlu dochází k intenzivnímu rozkladu rodopsinu.

Na tvorbu rodopsinu má vliv přítomnost vitamínu A v těle. Při nedostatku tohoto vitamínu může docházet k deficitu rodopsinu a to může mít za následek šeroslepost (Miller et Murphy, 1995; Khoshbin-e-Khoshnazar et Pizzi, 2014; Rakshit et al., 2015).

Barevné vnímání u psa

Barevné vnímání u psů není ani zdaleka tak rozvinuté, jako u jiných živočišných druhů včetně člověka, každopádně to neznamená, že pes nevnímá barvy žádné. Studiemi byla prokázána přítomnost dvou typů čípků, které mají potenciál pro barevné vidění, ačkoliv není barevné vnímání pro běžný život psa tak důležité jako například pro člověka. Pes ale není schopen rozlišit barvu žlutou, zelenou a ani oranžovou. Vědci se domnívají, že oranžová je psy vnímána jako odstín žluté, červená jako hnědošedá nebo černá. Pes je schopen vnímat barvu modrou, ale není schopen rozlišit ji od fialové.

Psi jsou schopni velice dobrého vnímání barevných odstínů. Udává se, že pes je schopen z padesáti odstínů jedné barvy rozeznat i dva téměř totožné ležící vedle sebe, nebo

také kruh od elipsy v poměru 9:8 (Procházka, 2005; Coren, 2008; Miller et Murphy, 1995; Kasparson et al., 2013; Rakshit et al., 2015; Khoshbin-e-Khoshnazar et Pizzi, 2014).

Zrakový nerv

Zrakový nerv je svazek nervových vláken, která se přibližně u zadního pólu oka spojují ve zrakový nerv (*nervus opticus*).

U výstupu z oční koule pokračuje zrakový nerv přes *foramen opticum* a *canalis opticus* do lebeční dutiny, kde dochází ke zkřížení zrakových nervů a vstupuje do mozkové báze (König et Liebich, 2002; Kottman, 2003).

Oční komory

Prostor před čočkou je pomocí duhovky rozdělen na dvě oční komory.

Přední oční komora je částí za rohovkou ale před duhovkou. Naopak zadní oční komora je prostor za duhovkou a před čočkou. Do zadní oční komory odstupují výběžky řasnatého tělesa. Tyto výběžky vylučují tekutinu. Tato tekutina se pak odborně nazývá komorová voda. Tato tekutina pak vyživuje čočku a rohovku, odvádí odpadní produkty jejich metabolismů a chrání tyto dvě části před poškozením (Najbrt et Míšek, 1973; Reece, 2011).

Sklivec

Průhledná část za čočkou se pak nazývá sklivec (*corpus vitreum*). Sklivec zabírá v oční kouli největší objem, a svou konzistencí připomíná spíše želatinu, než tekutinu, přesto je ve velké části literatury zařazován v anatomii oka mezi oční tekutiny. Jiné prameny jej pak nazývají sklivcovým tělesem. Sklivec obsahuje 99% vody a mimo to také kyselinu hyaluronovou. Díky sklivci je neustále udržována normální poloha sítnice a také homeostáza celého oka (König et Liebich, 2002; Kottman, 2003).

Přídavné orgány oka

Dutina, ve které je uložena celá oční koule i téměř všechna její přídavná ústrojí se nazývá očníce (*orbita*). Je ohraničena lebečnými kostmi a prochází skrz ní cévy a nervy.

Fibroelastická pevná blána, která vystýlá orbitu se nazývá obočnice (*periorbita*). Jejím úkolem je tlumení nárazů oka, čemuž napomáhá také tuková vrstva, která je uložena mezi obočnicí a oční koulí.

Pohyb očního bulbu zajišťují okohybné svaly (*musculi bulbi*). Je zajišťován pohyb do stran, nahoru a dolů a také vtažení oka do očníce. Tím je oko chráněno při případném nebezpečí poranění oka. Díky okohybným svalům je také oční koule neustále umístěna v tukovém lůžku v očníci a proto se nemůže stát, že by oční koule z očníce vypadla.

Kožní řasy chránící rohovku i celé oko se nazývají oční víčka. Víčka chrání struktury oka před vnějšími vlivy, nečistotami a před vyschnutím. Víčková štěrbinu je ohraničena okrajem horního a dolního víčka a její tvar je rozdílný u psů plemeno od plemene. Tvar může být od mandlovitého u plemen s protáhlou čelistí až ke kruhovitému u plemen se zkrácenou obličejovou částí. Na hranách víček vyrůstají řasy, vnější část víčka je pokryta pokožkou a ta vnitřní je pokryta spojivkami.

Membrány, které vystylají vnitřní povrch očních víček a které mají mukózní charakter, se nazývají spojivky (*tunica conjunctiva*). Spojivka víčka je část, která se nachází na vnitřní ploše víček. Spojivka oční koule je naopak část, která se nachází na ploše oční koule. Spojivkový vak je pak prostor, který spojuje tyto dvě části. Objem spojivkového vaku je za normálních fyziologických podmínek minimální a obsahuje hromadící se slzy. Do této části se pak také aplikují oční kapky a masti. Velice časté je také vyšetření barvy sliznice pomocí spojivky, jelikož je spojivka uložena na povrchu těla, je to pro vyšetření velmi vhodné

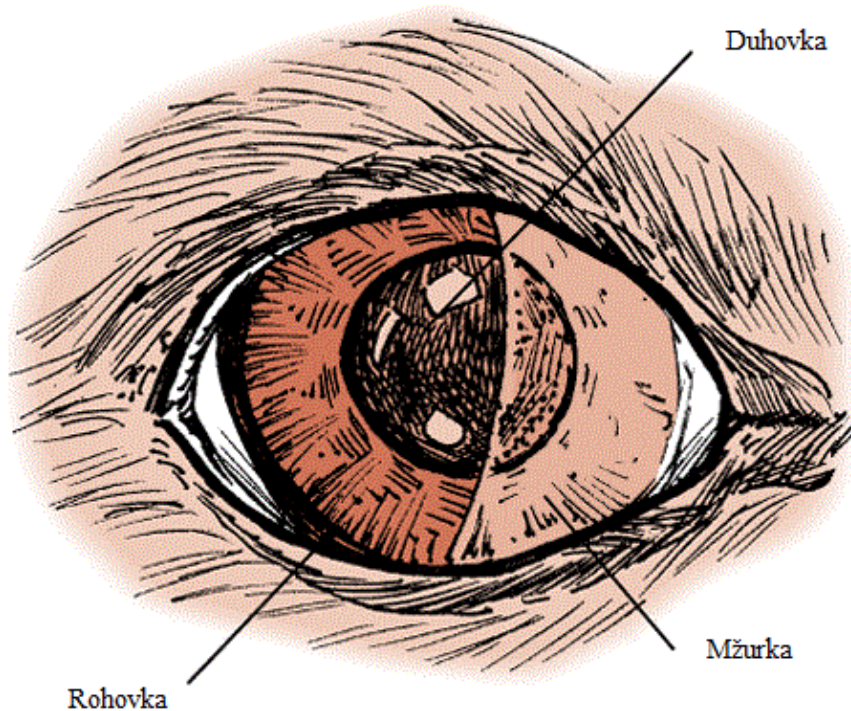
Třetí víčko neboli mžurka (*membrana nictitans*) je zdvojená ventromediální část spojivky. U psů je velice dobře vyvinuta a mezi její vlastnosti patří velká pohyblivost. Mžurka u psů je dostatečně velká na to, aby překryla celou rohovku a byla tak schopna ji celou chránit. Mžurka je vyztužena chrupavkou, která má tvar písmene T. U této chrupavky se ještě nachází žláza, která vylučuje slzný film, díky němuž je oko neustále zvlhčováno.

Pokud se všechny okohybné svaly smrští, mžurka se vyklene směrem ven. Kontrakce okohybných svalů se děje například při patologických situacích, jako může být například otrava. Kontrakce svalů zatáhne oční kouli do očníce a to vytlačí chrupavku a celou mžurku ven. Pes má také na spodní straně mžurky mízní uzliny, které když se zanítí, vystupují také z oka ven a stávají se viditelnými.

Slzy, které mají za úkol zvlhčovat a očišťovat oční kouli se tvoří v slzných žlázách (*glandula lacrimalis*). U psa je slzná žláza kryta strukturou nazývanou *ligamentum orbitale*. Žláza je uložena v čelní kosti uvnitř očníce. Slzy jsou produkovány neustále, jen ve spánku se produkce mírně snižuje. Produkovány jsou na základě parasympatické nervové stimulace. Shromažďují se ve slzném jezírku a odtud jsou odváděny slznými kanálky do slzného váčku. Nadbytečné slzy jsou odváděny z vnitřních koutků očí do nosních dutin. Na okrajích víček se nacházejí mazové meibomské žlázy, které produkují voskovitý sekret. Tento sekret

napomáhá zadržet slzy v oku a zabránit tak jejich přetékání ze spojivkového vaku ven (Tichá, 2010; König et Liebich, 2002; Kottman, 2003; Coren, 2008; Reece, 2011; Marvan, 2007).

Obrázek 1: Mžurka u psa



Upraveno podle:

http://www.merckvetmanual.com/media/pet/figures/DOG_nictitating_membrane.gif

Zorné pole psa

Oblast, kterou pes při pohledu kompletně vidí, se nazývá zorným polem.

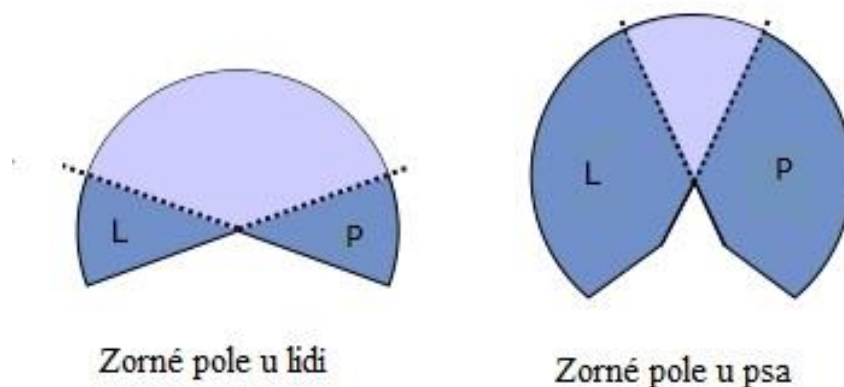
Pes se řadí mezi šelmy, pro které je důležité především binokulární neboli prostorové vidění. Oči zvířete jsou umístěny blíže u sebe, nikoliv po stranách hlavy, což znamená, že za hlavou se nachází poměrně velká plocha slepého úhlu. To je zapříčiněno tím, že pes původně před domestikací nebyl kořistí, ale lovcem. Rozsah daného úhlu se může lišit také plemeno od plemene, což je způsobeno variabilitou stavby hlavy jednotlivých plemen. Rozsah binokulárního neboli prostorového vidění je u psa 60 až 11 stupňů.

Binokulární vidění je důležité hlavně při odhadování vzdálenosti. V přírodě je pak využíváno při odhadování vzdálenosti, ve které se nachází kořist.

Zóna binokulárního vidění je plocha, kde se zorná pole obou očí překrývají. Celkový rozsah zorného pole u psa je dle plemene 240 – 290 stupňů. Na obrázku č.2 můžeme vidět

rozdíl rozsahu zorného pole u psiho plemene s kulatým tvarem lebky a s lebkou protáhlejší. Porovnání zorného pole člověka a psa je znázorněno na obrázku č.2. Porovnání zorného pole různých psích plemen pak na obrázku č.3. (Beaver, 2009; Reece, 2011).

Obrázek 2: Porovnání zorného pole psa a člověka



Upraveno podle: <https://artanddogblog.files.wordpress.com/2013/07/vision.jpg>

Obrázek 3: Velikost zorného pole u různých plemen psa



Upraveno podle: <http://www.royalbengalkennel.com/images/conformation3.jpg>

3.5 Čich

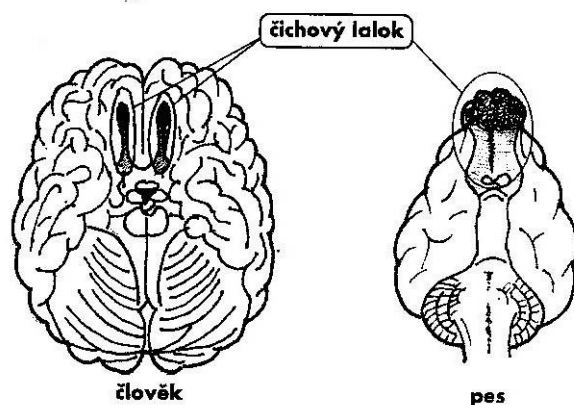
Čich je vrozená vlastnost všech živočichů, která umožňuje rozeznávat pachy.

Čich je pro psa nejvyvinutějším a nejdůležitějším smyslem a proto je pes tak hojně využíván v pracovní sféře. Psi jsou speciálně cvičeni pro vyhledávání drog, osob, výbušnin a nebo zbraní, v dnešní době již také přichází obor, který se snaží cvičit psy na rozeznávání určitých chorob jako rakovina, nebo na rozeznávání přicházející ataky záchvatovitých onemocnění.

Olfakce psa a člověka je prakticky založena na stejných fyziologických principech. Jediný a to zásadní rozdíl je v tom, že pes je pro vnímání pachů anatomicky mnohonásobně lépe vybaven, než je člověk. Pro konkrétní srovnání, v čichovém analyzátoru člověka se nachází běžně okolo 100 – 250 milionů čichových receptorů, u psa se může jednat až o miliardu. Tento počet samozřejmě závisí na plemenné příslušnosti jedince a s tím také související velikosti a stavbě těla.

V poměru k velikosti mozku má pes čtyřikrát větší čichové centrum než člověk. Jedná se především o mozkový kůr, který je odpovědný za zpracování čichových podnětů. Srovnání můžeme pak vidět na obrázku č.4. Díky velikosti čichového centra je pes schopen vnímat i pachy, které jsou hluboko pod hranicí lidské pachové percepce (Straus et Kloubek, 2010; Quignon et al., 2012; Furton et Myers, 2001; Mombaerts et al., 1996).

Obrázek 4: Srovnání velikosti čichového laloku u člověka a psa



(Straus et Kloubek, 2010)

Princip fungování čichových receptorů, čichových drah a vyhodnocení podnětů v mozku funguje na zcela odlišném principu, než je tomu u jiných smyslů. Pro vysvětlení například u zraku se vnímání barev účastní tři typy receptorů, pro vnímání pachů je potřeba až tisíců různých druhů receptorů.

Pes jako takový se na základě svého velice dobře vyvinutého čichu řadí mezi zvířata makrosomatická, a je schopen rozpoznat až tisíce různých chemických signálů (Salazar et al., 2013; Straus et Kloubek, 2010).

Zevní nos

Zevní nos neboli čenich je tvořen dorzální obličejovou plochou hlavy. Zevní nos lze anatomicky rozdělit na hřbet nosu, nosní hrot s nozdrami a nosní kořen. U brachycefálních plemen je často přítomen příčný žlábek mezi nosním hřbetem a začátkem čelní krajiny.

Dvěma nozdrami, které jsou neustále zvlhčovány, proniká vzduch nepřetržitě do čichového ústrojí psa. Takzvaným čenichovým zrcátkem nazýváme bezchlupé a chladné místo, kde jsou nozdry lokalizovány. Nejčastěji je toto místo černě pigmentováno. Za nozdrami je lokalizována nosní dutina (Mombaerts et al., 1996; Tichá, 2010; Quignon et al., 2012).

Nosní dutina

Nosní dutina je ohraničena obličejovými kostmi a chrupavkou (*septem*) je rozdělena na dvě části. Každá z těchto částí navazuje na nosní předsíň a ústí do hltanu nosohltanovým průchodem. V každé nosní dutině jsou pak umístěny tři nosní skořepy. Nosní skořepy vytváří čichové bludiště, které se nachází v kaudální části nosní dutiny. Nosní skořepy rozdělují laterální část prostoru na poschodí, které jsou celkem tři (Najbrt et Míšek, 1973; Mombaerts et al., 1996; Tichá, 2010; Quignon et al., 2012; Černý, 2002).

Čichová sliznice

V nosních skořepách je lokalizována čichová sliznice. U psa je čichová sliznice bohatě rozčleněna ještě dalšími skořepinkami, které se nachází ve větších skořepinách. Čichová sliznice psa je šedé barvy, je tvořena víceřadým cylindrickým epitelem a je tvořena několika typy buněk.

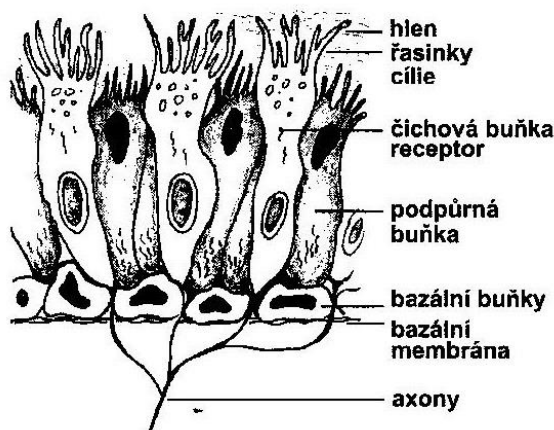
Prvním typem buněk jsou buňky čichové. Ty tvoří 60 – 80% všech buněk na čichové sliznici. Jsou citlivé na látky rozpuštěné v hlenu. Skládají se z těla, krátkých silných dendritů a jednoho dlouhého axonu. Dendrity prostupují do prostoru nad čichovou sliznici a jsou propleteny mezi dalším typem buněk, tentokrát podpůrnými. Rozšířené konce dendritů se nazývají olfaktorické váčky a z nich vyčnívají do nosní dutiny řasinky smyslových buněk. Dlouhé axony se spojují do silnějších vláken a skrz řasitnou ploténku prostupují do čichových nervů, se kterými se spojují a tak se dostávají až do čichového laloku v mozku. Čichové nervy jsou s mozkovými strukturami spojeny velice intimně. Díky tomuto jevu dochází k velice zásadnímu ovlivnění mozkové činnosti pomocí čichu. Ovlivněny jím mohou být také emoce a city a jejich následné projevení v chování. Čichové buňky mají dobrou schopnost adaptace na pachy.

Druhým typem buněk na čichové sliznici jsou buňky podpůrné. Ty mají za úkol podporu dendritů čichových buněk.

Posledním typem buněk jsou pak buňky bazální, které se buď diferencují na buňky podpůrné a nebo čichové. Díky tomuto procesu je zaručena obnova buněk nosní sliznice například po infekcích nebo jiných onemocněních psa. Tím je pes chráněn před ztrátou čichu.

Čichová sliznice je ve všech třech skořepinách bohatě zvlhčována výměškami, které jsou po chemické stránce složeny převážně z tuků. Tyto tukové výměšky jsou vylučovány žlázami, které jsou uloženy v čichové sliznici.

Obrázek 5 Stavba čichové sliznice podle Kriminalistické odorologie



(Straus et Kloubek, 2010)

Čichové nervy jsou s mozkovými strukturami spojeny velice intimně. Díky tomuto jevu dochází k velice zásadnímu ovlivnění mozkové činnosti pomocí čichu. Ovlivněny jím mohou být také emoce a city a jejich následné projevení v chování.

Velikost čichové sliznice se liší podle plemene psa a s tím související velikosti těla. Plemeno německého ovčáká může mít plochu sliznice až 170 – 200 cm². Sliznice kokršpaněla pak už jen okolo 70 cm² a sliznice pekingského palácového psíka pouhých 20 cm². I na základě větší plochy čichové sliznice je pes schopen ucítit látky, které jsou hluboko pod hranicí toho, co je schopen ucítit člověk. Pro srovnání, čichová sliznice člověka má plochu okolo 4cm². Průřez a základní stavba čichové sliznice je vyobrazena na obrázku č.5 (Benbernou et al., 2011; Marvan, 2007; Straus et Kloubek, 2010; Quignon et al., 2012; Najbrt et Míšek, 1973).

Systémy řídicí čich

U savců včetně psa jsou k dispozici dva systémy, které ovlivňují řízení čichového vnímání. Nazývají se hlavní a přídatný čichový systém. Evans (2003) tvrdí, že se vědci původně domnívali, že hlavní čichový systém má za úkol vnímat pachové molekuly a ten přídatný je odpovědný za vnímání feromonů.

Straus a Kloubek (2010) uvádějí, že hlavní systém je nazýván někdy také systémem diskriminačním a reaguje na nejrůznější čichové podněty, které se vyskytují v běžném okolí. Vnímání pachu v hlavním čichovém systému se účastní především čichová sliznice s čichovými receptory.

Druhý čichový systém je podle Strause a Kloubka (2010) označován systémem přídatným, někdy také jako vomeronasálním. Tento systém řídí sociální chování, především co se otázek sexuality nebo agrese týče. Může jím být také ovlivněna aktivita sacího reflexu novorozenců mláďat (Salazar I et al., 2013; Murphy et al., 2001).

Vomeronasální orgán

Jacobsonův vomeronasální orgán, je část čichového ústrojí u psa určená k větření. Je uloženo v přední části nosní dutiny a má tvar chrupavčité trubičky. Tato trubička je vystlána speciální čichovou sliznicí s čidly (Straus et Kloubek, 2010; Salazar I et al., 2013; Murphy et al., 2001).

Vnímání pachu – proces čichání

Stimulace receptorů smyslového orgánu probíhá vdechnutím potřebného objemu látky, tedy pachových molekul. Pachové molekuly jsou zachyceny čichovými receptory. Tím je vyvolán čichový vjem.

Hlavní výhodou čichu psa jsou pohyblivé nozdry. Tím je psům umožněno nasávat vzduch s pachem a zároveň ho vyfukovat jiným směrem. Tím se zabrání od fouknutí zdroje pachu. Při klidovém dýchání psa se pak pachové látky nedostávají přímo do kontaktu s epitelem čichové oblasti, jelikož vdechovaný vzduch s pachem prochází spodním nosním průchodem. Vědci se domnívají, že je to díky evolučnímu vývoji, a tento jev chrání psa od čichové únavy. V horní části nosních skořep se nachází oblast, kde nedochází k odchodu pachu z nosní dutiny ani v případě opakovaných výdechů, což znamená, že pach ve skořepách neustále nabírá na intenzitě, což psovi mnohonásobně usnadňuje jeho rozeznávání, ačkoliv původním zdrojem je jen množství pachu velice nepatrné.

Po kontaktu pachu s čichovými receptory během vdechu dochází k rozpuštění látky v hlenu, který se nachází na povrchu čichové sliznice. Hlen je chemicky složen hlavně z vody,

obsahuje však také polysacharidy, enzymy, protilátky, soli a proteiny, které váží molekuly pachu. Pokud se čichový receptor setká s částicí pachu, receptor změní svůj tvar a je aktivován takzvanými G-proteiny. Na základě této reakce se vytvoří elektrický signál, který díky nervovým drahám směřuje přímo do mozku. V mozku je tento signál pomocí sítě neuronů analyzován a přiřazen k již známému pachu. Je proto také možné, především u člověka, při zjištění pachu, který neznáme, že si vybaví předmět podobné vůně (Straus et Kloubek, 2010; Craven et al., 2010; Settles et al., 2003; Quignon et al., 2012; Robin et al., 2009).

Čichová kapacita psa

Pes je schopen rozeznat přibližně 3 miliony různých pachů, pes který je pak speciálně cvičen například pro potřeby kriminalistické odorologie, je schopen za optimálních podmínek rozeznat až 10 milionů pachů. Pes rozeznává různé pachy drog, je prakticky neoklamatelný při rozeznávání pachu člověka, a nově se také začíná rozvíjet obor, který cvičí psy speciálně pro rozeznávání různých onemocnění z oboru onkologie, ale i ataky záchvatovitých onemocnění jako je například epilepsie (Straus et Kloubek, 2010; Caniglia et al., 2014).

Pachová komunikace

Pach je pro zvířata významným komunikačním prostředkem. Konkrétně se jedná o chemickou látku vylučovanou zvířetem, která se nazývá feromon.

Lidé nemají prakticky žádné informace od volně žijících psů, pouze od domácích nebo laboratorních jedinců, což samozřejmě není totéž. Na základě pozorování psů ve volné přírodě bylo ale zjištěno, že psi si značkují močí s feromony své teritorium a u samic je moč nositelem i feromonů s informacemi o reprodukčním stavu feny.

V dnešní době je již možné vyrobit spoustu druhů feromonů umělou cestou, mohou být pak například použity k léčbě poruch chování zvířat včetně psů (Evans, 2003; Salazar I et al., 2013; Cafazzo et al., 2012).

3.6 Sluch

Kompletní principy sluchového vnímání psů nebyly člověkem ještě dokonale odhaleny, známo ale je, že sluch psa je velice dobře vyvinut ve srovnání se sluchem člověka. Pes je schopen vnímat i zvuk, který se již dá ve frekvenci přes 40 000 Hz považovat za ultrazvuk. Slyší tedy až třicetkrát lépe než člověk.

Pes je schopen rozlišit velice jemné odstíny tónů a i ty nejmenší odlišnosti v jejich výškách. Na rozdíl od člověka není ale pes pouze schopen odlišnosti tónů dokonale rozlišit, ale především si je na velice dlouhou dobu uložit do paměti.

Dokonale je také vyvinuto vnímání slabých zvuků. Slabý šum, který člověk vnímá až ze vzdálenosti okolo 5 metrů, je pes schopen rozeznat na vzdálenost až pětkrát delší. Tato schopnost je velice dobře využitelná při výcviku psa, ať už v pracovním nebo zájmovém využití. Na podkladě těchto schopností je pes velice dobře schopen rozeznat například jestli se po bytě pohybuje jeho pán, nebo někdo cizí.

To, že je sluch psa takto dobře vyvinut, s sebou nese také riziko toho, že pes je mnohem náchylnější k bolesti sluchového ústrojí způsobené na základě vysoké hlasitosti zvuku. Jednat se může hlavně o náhlé rány například výstřely ze zbraní nebo hlasitou hudbu. Velkým problémem může být také zábavní pyrotechnika používaná na oslavy příchodu nového roku, kdy jsou známy časté případy polekání psů a jejich útěků.

Pes se mimo jiné rodí hluchý. Sluch se začíná rozvíjet přibližně okolo 10. dne věku života, dokončen je až okolo 7. týdne.

Sluchové ústrojí se anatomicky skládá jak z částí, které mají za úkol příjem a převod zvuků do mozku, ale také obsahuje receptory, které jsou pro jedince velice důležité z hlediska vnímání polohy těla a udržování rovnováhy (Reece, 2011; Alberti, 2001; Desenský, 2008; Desenský, 2012; Miklósi, 2007).

Zevní ucho

Vnější ucho je část sluchového ústrojí, která je viditelná. Nazývá se ušní boltec. Ten je u psa tvořen chrupavkou trychtýřovitého tvaru. Tento tvar umožňuje shromáždění zvukových vln a nasměrování jich přímo do vnějšího zvukovodu. Boltec bývá vždy osrstěn z vnější strany, hustota osrstění pak závisí na plemeni psa, obecně platí, že u plemen s vztyčenýma ušima je ochlupení řidší než například u kokršpanělů nebo labradorů. Z vnitřní strany je pak boltec osrstěn pouze ochrannými chloupky (*tragi*), jejichž hustota směrem do hloubky zvukovodu klesá.

Dle plemene psa je možné rozlišit několik různých tvarů a typů držení ušních boltců. Pro výbornou sluchovou funkci se logicky nejlépe hodí boltce, které jsou vztyčené a rozměrově větší. Pokud se však jedná o příslušníka plemene, které má přirozeně uši svěšené, jako je například labradorský retriever nebo ohař, jedinec je velice dobře schopný boltce nadzvednout a natočit směrem odkud zvuk přichází, a to díky až sedmnácti uchohybným svalům. Někdy můžeme vidět psa v případě potřeby natočit na stranu i celou hlavu v tom

směru, odkud zvuk přichází. Rozdíl v postavení ušních boltců můžeme vidět na obrázcích č. 6 a č. 7.

Na viditelný ušní boltce nasedá zevní zvukovod, který pokračuje až do dutiny středního ucha.

Zevní zvukovod psa má dvě části a to část svislou a šikmou. Svislá část je dlouhá asi 2,5 cm. Na zevní zvukovod naléhá bubínková membrána, která tvoří hranici mezi zevním a středním uchem (Lanz et Wood, 2004; Alberti, 2001; Cole, 2009; Coren, 2008; Reece, 2011).

Obrázek 6: Vztyčené ušní boltce německého ovčáka



Zdroj: http://vantaris.websnadno.cz/lara_12mes_hlava.jpg

Obrázek 7: Svěšené ušní boltce labradorského retrievera



Zdroj: vlastní fotoarchiv

Střední ucho

Střední ucho nasedá na zevní část přímo za bubínkovou membránou, která tyto dvě části odděluje. Je tvořeno bubínkovou dutinou, která se nachází ve spánkové kosti. Bubínková membrána uzavírá vestibulární a kochleární okénko, jinak nazývané také jako oválné předsíňové a kruhové hlemýžďové. Spojení mezi předsíňovým okénkem a bubínkem je po mechanické stránce zajištěno díky malým sluchovým kůstkám. Jsou to ty nejmenší kůstky nejen v těle psa, nýbrž všech savců. Pes má na rozdíl od člověka čtyři sluchové kůstky.

Sluchové kůstky jsou v prostoru zavěšeny pomocí jemných ligament. Sluchové kůstky mají za úkol přenos podnětu přes střední ucho, kam podnět přišel z rozkmitané bubínkové membrány, která byla podrážděna nárazem zvukové vlny. Sluchové kůstky zesilují zvuk na základě principu fungování páky. Na nadměrně silný zvukový podnět reagují smrštěním dvou svalů, což zabraňuje nadměrnému pohybu kůstek. Ze sluchových kůstek je podnět přenesen na membránu předsíňového okénka, které rozpohybuje perilymfu, která se nachází v předsíni vnitřního ucha.

Eustachova nebo také sluchová trubice je trubice, která zajišťuje spojení středního ucha s hltanem. Její hlavní funkcí je vyrovnávání vnějšího a vnitřního tlaku při nárazech silných zvukových vln na bubínek. Díky ní je bubínek částečně chráněn před protržením (Báča, 1956; König et Liebich, 2002; Alberti, 2001; Hayesa et al., 2013; Reece, 2011; Cunningham, 2002).

Vnitřní ucho – kochleární systém

Vnitřní ucho se podle jeho funkce dá rozdělit na dvě hlavní části. První částí je část statokinetická, která má za úkol vnímání polohy těla a udržení jeho rovnováhy. Druhou částí je část sluchová neboli kochleární.

Sluchový labyrint je uložen uvnitř v kostěném labyrintu kosti skalní. Prostor mezi blanitým a kostěným labyrintem je vyplněn perilymfou, uvnitř toho blanitého je pak tekutina nazývaná jako endolymfa. Tyto tekutiny jsou při přenosu podnětu rozpohybovány a přenášejí tak impuls až na strukturu nazývanou Cortiho orgán.

Blanitý hlemýžď se nachází mezi dvěma komorami, konkrétně mezi *scala vestibuli* a *scala tympani*. Obě tyto komory jsou vyplněny perilymfou. Tyto dvě komory jsou spojeny komunikačním šterbinovým otvorem, který se nachází v hlemýžďové klenbě. Tato část je pomocí membrány oddělena od středního ucha.

Do sluchové části je přivedena větev VIII. hlavového svaly, konkrétně *nervus vestibulocochlearis*. Kořen vedoucí přímo do labyrintu vnitřního ucha se jmenuje hlemýžďový kořen.

U psa má spirála hlemýždě celkem 3 a čtvrt otáček okolo jeho kostěného jádra, přičemž jedna otáčka měří přibližně asi 4mm v průměru.

Podél *scala media* se nachází struktura s názvem Cortiho orgán (Harvey et al., 2007; Alberti, 2001; König et Liebich, 2002; Cunningham, 2002).

Cortiho orgán

Cortiho orgán je struktura, která se nachází podél kanálku *scala media*, a je tvořena shluky podpůrných buněk a smyslových buněk s vlásky. Na povrchu těchto vlásků se nachází stereocilie, což jsou modifikované mikroklky. Konce těchto mikroklků se zanořují do membrány upnuté mediálně podél blanitého hlemýždě. Stimulací buněk Cortiho orgánu má za následek vznik nervového impulsu, který je díky VIII. kranianímu nervu přenášen do mozku.

Na *membrana basilaris* vznikají vlny, které jsou šířeny k vrcholu hlemýždě. Při poškození některých částí průběhu vnímání zvukového podnětu může dojít k poškození sluchu. Z faktů, které vyplývají z několika studií, je dokázáno, že psi s poškozením sluchu mají tendenci být méně agresivnější vůči svému okolí a jiným zvířatům než psi s normálně vyvinutými smysly (Reece, 2011; Harvey et al., 2007; Alberti, 2001; Farmer-Dougan et al., 2014).

Vnitřní ucho – vestibulární aparát

Vestibulární aparát je část ušního ústrojí, jehož úkolem je udržení rovnováhy a umožnění dobré orientace psa. Je uložen v přední části kostěného labyrintu, která se nazývá předsíň.

Vestibulární aparát je složen ze dvou hlavních částí. Periferního vestibulárního aparátu, který je uložen ve vnitřním uchu, a z centrálního vestibulárního systému, který se nachází v mozgovém kmeni. Anatomicky se skládá ze tří částí, konkrétně tří polokruhových kanálků. Předního, zadního a horizontálního. Každý z těchto kanálků se nachází v jiné geometrické rovině, které jsou navzájem na sebe kolmé.

Další anatomickou součástí vestibulárního ústrojí jsou dva váčky, které se nazývají vejčitý a kulovitý. Vždy oba konce polokruhových kanálků vstupují do vejčitého vřáku a ten vstupuje do vřáku kulovitého, s nímž je spojen. Tento kulovitý vřáček je také spojen s dalšími

dvěma strukturami. První touto strukturou je blanitá část sluchového hlemýždě, druhou strukturou pak kochleární kanálek.

Rovnovážné ústrojí je odpovědné za soustavnou regulaci pozice očí, trupu a končetin v závislosti na změnách pohybu těla nebo polohy hlavy. Úkolem vestibulárního orgánu je reakce na zrychlení nebo na náklon těla psa, na změnu jeho svalového tonu a na pohyby končetin. Poškození některých z částí tohoto statokinetického aparátu může vést až k ataxii, což je smyslová dysfunkce, která se projevuje špatnou koordinací končetin, nakláněním hlavy na jednu stranu, může docházet i ke ztrátě rovnováhy, slabosti končetin, změnám v chování, apatii a nechutenství (Harvey et al., 2007; Reece, 2011; Yamate, 2013).

3.7 Chuť

Gustace, neboli vnímání chuti je u psů jedním ze základních nástrojů pro rozlišování látek. Psi a celkově zvířata jsou schopna pomocí chuti rozlišit obsah chutnaného podnětu na škodlivý a prospěšný. Na základě této dovednosti jsou tak psi schopni nalézt si takovou potravu, která obsahuje právě ty živiny, které jsou v danou chvíli v potravě jedince potřebné. Ve studiích bylo také prokázáno, že ani nemrzoucí směsi do automobilů obsahující etylenglykol, nejsou pro zvířata tak atraktivní, jak se dříve domnívalo. Pouze 9% z testovaných psů pokračovalo po přičichnutí ke směsi v olizování látky, ačkoliv se lidé domnívali, že zvířata na těchto látkách přitahuje jejich sladkost a nedokáží odlišit, že je pro ně smrtelně nebezpečná (Nelson et al., 2001; Reece, 2011; Marshall et Doty, 1990).

Chuťový pohárek

Chuťový pohárek je hlavní receptorový orgán pro chuť. Na jazyku, kde se nachází převážná většina chuťových pohárků v těle psa, jsou uloženy chuťové receptory jako součást hrazených jazykových papil neboli bradavek. Kromě jazyka se mohou chuťové pohárky nacházet také na patře dutiny ústní, v hltanu a v hrtanu.

Součástí chuťového pohárku jsou dva základní druhy buněk. Buňky chuťové, které jsou receptory citlivé na chuť, a pak buňky podpůrné.

Každá chuťová buňka má na konci tenké vlákno, které vede do chuťového póru. Tento chuťový pór je otevřený směrem do dutiny ústní. Všechny látky, které pak pes ochutná, jsou rozpuštěny v roztoku, a následně se tento roztok dostává dovnitř chuťového póru. Vlákno chuťové buňky vyčnívající do chuťového póru je podrážděno a výsledkem je stimulace chuťových buněk.

Na základě stimulace vlásků chuťových buněk vzniká nervový impulz, který je převeden do specifických částí mozku dvěma hlavovými nervy. Konkrétně se jedná o hlavové nervy číslo VII. A IX., jedná se o nerv lícní a jazykohltanový. Lícní nerv odvádí impulzy z rostrálních dvou třetin jazyka a jazykohltanový nerv se stará naopak o kaudálnější třetinu jazyka (Nelson et al., 2001; Reece, 2011).

Ebnerovy žlázy

Ebnerovy žlázy jsou struktury, které jsou uloženy hluboko ve svalovině jazyka. Sekret, který vylučují, je strukturálně vodnatý. Je vylučován do brázdy neboli jakési prohlubně, která obklopuje chuťovou papilu. V tomto sekretu jsou pak následně rozpouštěny chuťově aktivní látky, což umožňuje následné vnímání chuti této látky prostřednictvím chuťových buněk.

Většina dodnes získaných poznatků o vnímání chuti psy je získána na základě vnějšího pozorování chování zvířete. Vnímání chuti může také ovlivnit do jisté míry teplota vnímané látky. Jednou z nejčastějších metod, na základě kterých je pozorováno výše zmíněné chování zvířete, je metoda s názvem preferenční test (Reece, 2011; Čihák et Grim, 2002; Reece, 2011).

Preferenční test

Preferenční test je metoda, kdy se využívá klasifikace reakcí zvířete na konkrétní chuťový podnět, potravu. Reakce jsou v tomto případě klasifikovány na příjemnou, nepříjemnou a nebo indiferentní.

Je logické, že se u různých druhů zvířat chuťové vnímání liší, liší se však i u jednotlivců téhož druhu nebo dokonce plemene. Je to prakticky jako u člověka. Co chutná jednomu, nemusí chutnat druhému, taktéž u psa může jedna látka jednomu chutnat, druhý pes jí však může vyhodnotit jako indiferentní nebo dokonce nepříjemnou. To se může dít i u jedinců stejného vrhu (Reece, 2011).

3.8 Bolest

Pocit bolesti je jakýsi obranný mechanismus organismu, subjektivní pocit, který je vyvoláván na základě nějakých podnětů. Podnětem bývá často poškození některé části těla organismu.

Bolest by se dala označit také za jeden z obranných prvků, který může jedince varovat, že není něco s jeho organismem v pořádku. Valná většina jedinců narozená s vrozenou vadou vnímání bolesti žije pouze krátkou dobu, jelikož je ohrožen jejich přirozený pud sebezáchovy.

Bolest se řadí mezi nepodmíněné reflexy organismu, které nemůžeme naprosto žádným způsobem ovládat vlastní vůlí (Horáčková, 2012; Zelinka, 1999).

Nocireceptory

Nocireceptor je název pro specifické volné nervové zakončení přijímající podnět o bolesti. Jsou to vlastně receptory, které mají za úkol reagovat na jakýkoliv bolestivý stimul. Bolestivým stimulem je jev například tepelný, chemický nebo mechanický, který je schopen poškodit buňku. Toto buněčné poškození vyvolává chemickou reakci a po ní následuje vznik nervového impulzu.

Vlákna těchto receptorů mohou být chráněna myelinovou pochvou nebo nikoliv. Vlákna myelizovaná jsou více izolována a proto je doba mezi podrážděním a odpovědí na stimul kratší. Bolest, která působí na tento typ receptorů je vnímána jako lokalizovaná.

U vláken nemyelizovaných má odpověď na stimul delší prodlevu a proto je bolest tohoto typu vnímána pak jako rozptýlená, jinak také difúzní (Reece, 2011; Horáčková, 2012).

Rozpoznání bolesti u psa

Pes o své bolesti nemůže hovořit tak jako člověk, a tak je důležité, aby chovatel psa věděl, na základě kterých specifík chování může vydedukovat, že jeho psa něco bolí. Mezi hlavní symptomy bolesti u psa je nahrbený nebo zkroucený postoj, hlava je většinou svěšená a ocas je zatažený mezi zadní končetiny stejně tak, jako kdyby se pes bál. Pes není příliš ochotný k pohybu, preferuje sed nebo dokonce leh. Pokud je přinucen k chůzi, často se může pokusit o útěk, nebo může docházet k agresivním výpadům z jeho strany k jedinci, který se ho snaží k chůzi donutit. Při závažných bolestech není pes téměř schopen vstát natož chodit, často také vokalizuje a v některých případech může docházet k automutilaci bolestivého místa (Horáčková, 2012).

Vliv bolesti na organismus

Bolest je sice na jednu stranu užitečná jako varování před hrozícím nebezpečím, nějakým poškozením tkáně, zánětem, nemocí, na druhou stranu nemá ale pro organismus prakticky žádný jiný užitek. Pokud zvíře trpí delší dobu chronickou bolestí má to vliv na jeho metabolismus. Ten se zpomalí, na základě toho jedinec také sníží své nároky na množství

potravy, které přijme. Ovlivněno je také vylučování zvířete a změnám také výrazně podléhá chování jedince. Zvíře je apatické, méně se pohybuje a někdy může přejít od apatického stavu až k agresi.

Na základě těchto všech jevů se také může zhoršit imunitní systém zvířete a jedinec se pak stává náchylnějším k běžným chorobám, které by za normálního zdravotního stavu nebyly vůbec nebezpečné. Může dojít také k prodloužení doby hojení i povrchových zranění, ohrožen je také psychický stav, a to nejen psa, ale i jeho majitele (Zelinka, 1999; Horáčková, 2012).

Typy bolesti

Bolest lze rozřadit do několika různých typů, podle toho jak bolest cítíme, odkud přichází, jak dlouho jí cítíme a podobně (Reece, 2011).

Dle délky trvání

Podle délky trvání se dá bolest rozdělit na akutní, subakutní a chronickou. Akutní bolest může trvat vteřiny, minuty, hodiny, maximálně pak dny. Subakutní bolesti trvají v rozmezí 3 – 5 měsíců, a bolest trvající déle než půl roku již nazýváme bolestí chronickou (Zelinka, 1999).

Somatická bolest

Somatická bolest je následek podráždění nocireceptorů uložených v somatických tkáních jako je kůže, kost, svaly. Můžeme ji rozdělit na hlubokou a povrchovou, podle toho, kde se stimulace nocireceptorů odehrává. Povrchová somatická bolest, která se vyskytuje v kůži a sliznici je rychlá, ostrá a velice dobře lokalizovatelná a často vede k únikovým reakcím. Hluboká somatická bolest je lokalizována v kostech, kloubech a svalech je tupá, palčivá, hůře lokalizovatelná a déle odeznívá.

Vlákna, která jsou v tomto případě podrážděna, vedou také ke svědění pokožky. (Horáčková, 2012).

Viscerální bolest

Útrobní bolest, někdy nazývána také jako bolest viscerální, vzniká uvnitř orgánů v hrudní, břišní nebo pánevní dutině. Nejvíce bolestivé je bolest v hrudní a břišní dutině, konkrétně se jedná o zánět pobřišnice a pohrudnice, peritonitis a pleuritis. Zánět těchto částí těla je provázena bodavou bolestí. Některé orgány naopak zdrojem bolesti nejsou prakticky

nikdy, příkladem mohou být například plíce. Naopak velice častým zdrojem bolesti bývá srdce.

Častá bývá také bolest dutých orgánů, například střev. Bolet mohou buďto v normálním fyziologickém roztažení a při běžných kontrakcích, pocit bolesti pak zapříčiňuje probíhající zánět, a nebo může bolest způsobit nadměrné roztažení nebo nadměrné kontrakce těchto orgánů. V tomto případě se ani nemusí jednat o probíhající zánět (Reece, 2011; Horáčková, 2012).

Přenesená bolest

Častým jevem může být situace, kdy se kožní a útrobní aferentní vlákna nocireceptorů sbíhají dohromady v některé z částí sensorických drah. Na základě toho může jedinec cítit bolest na povrchu těla, původ bolesti však bývá v hrudní nebo břišní dutině. Na základě tohoto jevu je tato bolest identifikována jako kožní přenesená. Problém ale může nastat při špatné identifikaci původu bolesti a nemusí být tak včas odhalen například probíhající zánět osrdečníku, kdy může pozdní začátek léčby způsobit další komplikace zdravotního stavu zvířete (Reece, 2011).

Centrální (neuropatická) bolest

Tato bolest se vyskytuje při poranění nervového systému, ať už centrálního nebo periferního. Jedná se hlavně o léze v centrálním nervovém systému, které vedou ke krutým bolestem. Následkem jsou hlavně poruchy rovnováhy (Horáčková, 2012).

Bolest fyzická a duševní

Oba tyto druhy bolesti jsou spolu velice úzce provázány. Bolest fyzická je způsobena konkrétním mechanickým, chemickým nebo tepelným podnětem na receptor. Duševní bolest je charakterizována spíše jako stav mysli, který se může promítnout až do fyzické stránky organismu. Tento typ bolesti je pozorován spíše u lidí, ale ani u psů nemusí být výjimkou psychické strádání například po smrti jeho pána, se kterým strávil celý život, existují také studie o tom, že jsou plemena k tomuto druhu utrpení náchylnější a odolnější (Marková, 2010; Horáčková, 2012).

3.9 Využití psích smyslů člověkem

Pes je jedno z nejchovanějších zvířat, žijících po boku člověka. Plní úlohu nejen domácího mazlíčka, ale je v dnešní době využíván v rozmanitých oborech. Velká část studií

naznačuje, že soužití nejen se psem ale i jiným zvířetem má výrazný vliv na kvalitu lidského života.

Život může být pomocí zvířete zkvalitněn při léčbě - terapii za pomoci zvířete, při předcházení některým faktorům, které mohou způsobit onemocnění. Jako příklad lze uvést stres. Díky domácím zvířatům je možné snížit reaktivitu člověka na stresové situace a lze tak předejít nebo alespoň snížit riziko onemocnění pramenících ze stresu. A v neposlední řadě se v současnosti vyvíjí obor, kdy je pes schopen rozpoznat přicházející ataku epilepsie, hypoglykémii a nebo rakovinu (Wells, 2007; Terra et al., 2012).

Epilepsie

Dosud není znám způsob, jakým je pes schopen vycítit přicházející ataku epilepsie. Na základě vnějšího pozorování chování psů a člověka s onemocněním bylo ale vydedukováno, že pes je schopen vyzorovat přicházející záchvat podle určité mimiky, postury, pocení a změn v chování člověka. Chování bylo vyzorováno u necvičených psů, kteří žili ve společné domácnosti s jedinci s epilepsií. Cvičený pes je pak schopen upozornit postiženou osobu na blížící se záchvat ještě před jeho klinickým nástupem (Di Vito et al., 2010; Terra et al., 2012; Kirton et al., 2004).

Hypoglykémie

Podobně jako epileptický záchvat může být psem rozpoznán hypoglykemický záchvat. Vědci se domnívají, že pes je schopen rozpoznání blížícího se záchvatu na základě svalového třesu, změn chování a pocení, které souvisí také s náhlou změnou tělesného pachu postiženého. Podle provedených výzkumů bylo prokázáno, že z testované skupiny pacientů trpících hypoglykemií a vlastnicích psa, byly téměř tři čtvrtiny na přicházející záchvat upozorněny psem dávno před tím, než si byli sami schopni přicházející záchvat uvědomit. Upozornění psem je realizováno nějakou behaviorální reakcí, většinou hlasovým projevem, skákáním a nebo neobvyklým upřeným sledováním jejich tváře (Wells et al., 2008)

Rakovina

Je předpokládáno, že pro úspěšnou léčbu onkologických onemocnění je jedním z nejdůležitějších aspektů včasná diagnostika a s tím související započatá léčba. Bylo prokázáno, že rakovinné buňky na rozdíl od normálních obsahují a uvolňují těkavé látky. Ačkoliv jsou tyto látky uvolňovány pouze v minimálním množství, je velice pravděpodobné, že pes je svým výborně vyvinutým čichem schopen tyto látky zachytit a rozeznat. Byl

proveden výzkum, kdy byl použit speciálně vycvičený pes k detekci vzorků moči pacientů s karcinomem prostaty. Pes označil pozitivní vzorky s 90% úspěšností. Fenu detekující právě vzorky obsahující rakovinové buňky lze vidět na obrázku č.8.

Výzkum na téma vyhledávání rakoviny psem byl zahájen Dr. Johnem Churchem v roce 1989, na základě článku o ženě, jejíž pes upozornil na rakovinu kůže na základě neobvyklého zájmu o její mateřské znaménko (Sonoda et al., 2011; Guest, 2009; Cornu et al., 2011).

Obrázek 8: Fena Rosie detekující vzorek s rakovinou



Zdroj: http://ichef.bbci.co.uk/news/624/media/images/74556000/jpg/_74556266_624_rosie-sniffing-carousel.jpg

Vodící a signální psi

Pojem vodící pes je známý již po několik desetiletí. Nejen že pes napomáhá zrakově postiženým lidem v orientaci při každodenních cestách z domova, skupina lidí, která byla vyzpovídána v dotazníkovém šetření uvedla, že mimo usnadnění orientace jim pes poskytuje také pocit nezávislosti, důvěry a zvýšenou sociální interaktivitu. Ovlivněna je tak mimo jiné také psychická pohoda handicapovaného člověka.

Signální pes není tak známým pojmem jako pes vodící, jedná se o psa, který je speciálně cvičen pro potřeby sluchově postižených. Upozorňují na zvonění telefonu, budíku a přítomnost jiných lidí. Stejně jako u vodících psů není signalizace zvuků jedinou službou,

kterou svým pánům poskytují. Opět byla dotazována skupina sluchově handicapovaných lidí, kteří uvedli, že jejich pes jim poskytuje pocit bezpečí, důvěry a společnost, takže je u nich výrazně potlačet pocit samoty, ačkoliv třeba žijí sami (Molnar et al., 2010; Hart et al., 1996).

Obrázek 9: Vodící pes ve výstroji



Zdroj: <http://www.vycvikvodicichpsu.cz/inter/breeds/lr.jpg>

4 Závěr

Za nejvyvinutější smysl psa je považován čich, který pes používá prakticky neustále k rozeznávání tisíců a tisíců chemických pachových látek okolo sebe. Díky excelentnímu čichu je pes také využíván člověkem nejden k vyhledávání drog, zbraní, lidských ostatků a pachatelů trestných činů.

Za druhý nejvyvinutější smysl psa je považován sluch, jelikož frekvence slyšitelných zvuků je oproti rozsahu, který slyší člověk, naprosto nesrovnatelná. Psí sluch je tak intenzivní, že je nutné při speciálním služebním výcviku psa velice pomalu nechat přivyknout na všechny neobvyklé zvuky, se kterými se při plnění práce může setkat, ať už se jedná o výstřely, detonace nebo jiné silné zvuky. Pes může být díky svému skvěle vyvinutému sluchu také speciálně cvičen pro plnění funkce signálního psa, který je pak k dispozici osobám se sluchovým postižením, stejně tak jako je slepecký pes k dispozici osobám s postižením zrakovým.

Zrak je asi jeden z nejméně rozvinutých smyslů psa, to ale neznamená, že by nějak výrazně zaostával, je naprosto srovnatelným se zrakem člověka, ba ho naopak i předčí ve chvíli, kdy prostředí nedisponuje dostatkem světla. To je způsobeno díky buněčné struktuře s názvem *tapetum lucidum*, která umožňuje opakovaný odraz světla a tak dokonalejší vnímání obrazu. Tato vrstva také stojí za typickým světélkováním očí nejen psů ale i koček a jiných zvířat.

Bolest vnímají jak lidé, tak i zvířata. Největším problémem, že pes není jako člověk schopen mluvit o svých pocitech, tudíž ani o bolesti, pokud nějakou cítí, ať už se jedná o bolest fyzickou nebo duševní. Řeč je nejen o bolesti fyzické, ale i duševní. Domníváme se, že pes je schopen psychicky trpět stejně jako člověk, například pokud ztratí milovaného pána nebo člena smečky.

Nejzajímavější částí práce je určitě její závěr, který je stručně věnován využití psů k detekci atak záchvatovitých onemocnění nebo onemocnění z onkologické sféry. Vyhledávání onkologických onemocnění je jedním z nejrozvíjejících se podoborů tohoto druhu, jelikož množství lidí se zhoubnými nádory v různých částech těla stoupá, a jejich včasná detekce je jedním z nejdůležitějších předpokladů pro úspěšnou léčbu.

5 Seznam obrázků

Obrázek 1: Mžurka u psa	19
Obrázek 2: Porovnání zorného pole psa a člověka	20
Obrázek 3: Velikost zorného pole u různých plemen psa	20
Obrázek 4: Srovnání velikosti čichového laloku u člověka a psa	21
Obrázek 5 Stavba čichové sliznice podle Kriminalistické odorologie	23
Obrázek 6: Vztyčené ušní boltce německého ovčáka	27
Obrázek 7: Svěšené ušní boltce labradorského retrievera	28
Obrázek 8: Fena Rosie detekující vzorek s rakovinou	37
Obrázek 9: Vodící pes ve výstroji	39

6 Bibliografie

Alberti, P. W. 2001. The anatomy and physiology of the ear and hearing. Occupational exposure to noise: Evaluation, prevention, and control. . 53-62.

Báča, J. 1956. Fysiologie vyšší nervové činnosti při výcviku psa. 1. vydání. NV. Praha.

Beaver, B. V. c2009. Canine behavior: insights and answers. 2nd ed. Saunders/Elsevier. St. Louis, Mo. xi, 315 p., [4] p. of plates. ISBN: 14-160-5419-7.

Benbernou, N. et al. 2011. CAMP and IP3 signaling pathways in HEK293 cells transfected with canine olfactory receptor genes. Journal of Heredity. Am Genetic Assoc. 102 (Suppl 1). S47-S61. ISSN: 00221503.

Cafazzo, S., Natoli, E., Valsecchi, P. 2012. Scent-marking behaviour in a pack of free-ranging domestic dogs. Ethology. Wiley Online Library. 118 (10). 955-966. ISSN: 14390310.

Caniglia, R. et al. 2014. Noninvasive sampling and genetic variability, pack structure, and dynamics in an expanding wolf population. Journal of Mammalogy. The Oxford University Press. 95 (1). 41-59. ISSN: 00222372.

Cole, L. K. 2009. Anatomy and physiology of the canine ear. Veterinary dermatology. Wiley Online Library. 20 (5-6). 412-421. ISSN: 13653164.

Coren, S. 2008. Co má pes na mysli: jak pochopit psí uvažování. Vyd. 1. Knižní klub. V Praze. 302 s. ISBN: 9788024221960.

Cornu, J. -N. et al. 2011. Olfactory detection of prostate cancer by dogs sniffing urine: a step forward in early diagnosis: a step forward in early diagnosis. European urology. Elsevier. 59 (2). 197-201. ISSN: 03022838.

Craven, B. A. et al. 2007. Reconstruction and morphometric analysis of the nasal airway of the dog (*Canis familiaris*) and implications regarding olfactory airflow. *The Anatomical Record*. Wiley Online Library. 290 (11). 1325-1340. ISSN: 19328494.

Craven, B. A., Paterson, E. G., Settles, G. S. 2010. The fluid dynamics of canine olfaction: unique nasal airflow patterns as an explanation of macrosmia: unique nasal airflow patterns as an explanation of macrosmia. *Journal of The Royal Society Interface*. The Royal Society. 7 (47). 933-943. ISSN: 17425689.

Cunningham, J. G. 2002. *Textbook of veterinary physiology*. 3rd ed. Saunders Philadelphia. P. 575. ISBN: 0721689949

Černý, H. 2002. *Veterinární anatomie pro studium a praxi*. 1. vyd. Noviko. Brno. 528 s. ISBN: 80-865-4201-7.

Čihák, R., Grim, M. 2002. *Anatomie*. 2., upr. a dopl. vyd. Grada. Praha. 470 s. ISBN: 80-247-0143-X.

Desenský, R. 2008. *Jak poznat psí duši: zkušenosti a rady ověřené dlouholetou praxí*. 1. XYZ. V Praze. 301 s., [8] s. barev. obr. příl. ISBN: 9788073880736.

Desenský, R. 2012. *Psi: poradna, souvislosti, informace*. 2. vyd. XYZ. V Praze. 243 s. ISBN: 9788073886974.

Di Vito, L. et al. 2010. A seizure response dog: video recording of reacting behaviour during repetitive prolonged seizures: video recording of reacting behaviour during repetitive prolonged seizures. *Epileptic disorders*. Springer. 12 (2). 142-145. ISSN: 12949361.

Dubový, P., Jančálek, R. 2014. *Základy neuroanatomie a nervových drah - I*. 2., přeprac. vyd. Masarykova univerzita. Brno. 115 s. ISBN: 978-80-210-7426-2.

Evans, C. 2003. *Vomeronasal chemoreception in vertebrates: a study of the second nose*. 1. Imperial College Press. London. ISBN: 978-1860942693.

- Farmer-Dougan, V. et al. 2014. Behavior of hearing or vision impaired and normal hearing and vision dogs (*Canis lupis familiaris*): Not the same, but not that different. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*. 2014 (9,6). 316-323.
- Furton, K. G., Myers, L. J. 2001. The scientific foundation and efficacy of the use of canines as chemical detectors for explosives. *Talanta*. Elsevier. 54 (3). 487-500. ISSN: 00399140.
- Guest, C. M. 2009. Cancer and bio-detection dogs: Identifying human disease by odor: Identifying human disease by odor. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*. Elsevier. 4 (6). 241-242. ISSN: 15587878.
- Guyton, A. C., Hall, J. E. 2000. *Textbook of medical physiology*. 10th ed. Saunders. Philadelphia. xxxii, 1064 s. ISBN: 07-216-8677-X.
- Hart, L. A., Zasloff, R. L., Benfatto, A. M. 1996. The socializing role of hearing dogs. *Applied Animal Behaviour Science*. Elsevier. 47 (1). 7-15. ISSN: 01681591.
- Harvey, R. G., Harari, J., Delauche, A. J. 2007. *Nemoci uší psa a kočky*. 2. vyd. Překlad Pavlína Hájková. *Medicus veterinarius*. Plzeň. 272 s. ISBN: 9788090371026.
- Hayesa, S. H. et al. 2013. Anatomy and physiology of the external, middle and inner ear. *Disorders of Peripheral and Central Auditory Processing1: Disorders of Peripheral and Central Auditory Processing*. Elsevier Health Sciences. 10. 3. ISBN: 0702055654.
- Horáčková, K. 2012. Terapie bolesti psa a kočky. *Praktické lékařství*. 2012 (8(2)). 85 - 89.
- Huet, L. A., Hartmann, M. J. Z. 2014/09/17. The search space of the rat during whisking behavior. *Journal of Experimental Biology*. 217 (18). 3365-3376. Dostupné také z: <http://jeb.biologists.org/content/217/18/3365.abstract>
- Kasparson, A. A., Badridze, J., Maximov, V. V. 2013. Colour cues proved to be more informative for dogs than brightness. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*. The Royal Society. 280 (1766). 20131356. ISSN: 09628452.

Khoshbin-e-Khoshnazar, M., Pizzi, R. 2014. Quantum Superposition in the Retina: Evidences and Proposals. *NeuroQuantology* [online]. 12 (1). 97-101. DOI: 10.14704/nq.2014.12.1.685. ISSN: 13035150. Dostupné také z:

<http://eds.b.ebscohost.com/infodroje.czu.cz/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=7507bf60-bbfd-4411-9c3f-17123d0f0912@sessionmgr115&hid=119&preview=false>

Kirton, A. et al. 2004. Seizure-alerting and-response behaviors in dogs living with epileptic children. *Neurology*. AAN Enterprises. 62 (12). 2303-2305. ISSN: 00283878.

König, H. E., Liebich, H. G. 2002. Anatomie domácích savců. 2. díl, Splanchnologie, cévní a nervová soustava. XVI. H & H. Bratislava. ISBN: 80-88700-57-4.

Kottman, J. 2003. Veterinární oftalmologie. Noviko. Brno. 198 s. ISBN: 80-865-4203-3.

Kozyreva, T. V. 2006. Neurophysiological aspects of the long-term adaptation to cold in mammals: The role of central and peripheral thermoreceptors: The role of central and peripheral thermoreceptors. *Journal of Thermal Biology*. 31 (1–2). 105-114. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2005.11.003>. ISSN: 03064565. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030645650500118X>

Lanz, O. I., Wood, B. C. 2004. Surgery of the ear and pinna. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. Elsevier. 34 (2). 567-599. ISSN: 01955616.

Marková, J. c2010. Bolesti hlavy: doporučený diagnostický a léčebný postup pro všeobecné praktické lékaře: novelizace 2010. Společnost všeobecného lékařství ČLS JEP. Praha. 16 s. Doporučené postupy pro praktické lékaře. ISBN: 978-80-86998-39-8.

Marshall, D. A., Doty, R. L. 1990. Taste responses of dogs to ethylene glycol, propylene glycol, and ethylene glycol-based antifreeze. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 197 (12). 1599-1602. ISSN: 00031488.

Marvan, F. 2007. Morfologie hospodářských zvířat. Vyd. 4. Česká zemědělská univerzita v Praze v nakl. Brázda. Praha. 303 s., xx s. obr. příl. ISBN: 978-80-213-1658-4.

- Miklósi, A. 2007. Dog behaviour, evolution, and cognition. Oxford University Press. New York. xiii, 274 p. ISBN: 978-019-9295-852.
- Miller, P. E., Murphy, C. H. J. 1995. Vision in dogs. Journal-American Veterinary Medical Association. 1995 (207). 1623-1634.
- Molnár, C., Pongrácz, P., Miklósi, A. 2010. Seeing with ears: Sightless humans' perception of dog bark provides a test for structural rules in vocal communication: Sightless humans' perception of dog bark provides a test for structural rules in vocal communication. The Quarterly Journal of Experimental Psychology. Taylor & Francis. 63 (5). 1004-1013. ISSN: 17470218.
- Mombaerts, P. et al. 1996. Visualizing an olfactory sensory map. Cell. Elsevier. 87 (4). 675-686. ISSN: 00928674.
- Murphy, F. A., Tucker, K., Fadool, D. A. 2001. Sexual dimorphism and developmental expression of signal-transduction machinery in the vomeronasal organ. Journal of Comparative Neurology. Wiley Online Library. 432 (1). 61-74. ISSN: 10969861.
- Najbrt, R., Míšek, I. 1973. Veterinární anatomie: učebnice pro vysoké školy veterinární. 1. vyd. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 441 s. Živočišná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).
- Nelson, G. et al. 2001. Mammalian sweet taste receptors. Cell. Elsevier. 106 (3). 381-390. ISSN: 00928674.
- Nicholls, J. G. 2013. Od neuronu k mozku. Vyd. 1. Academia. Praha. xviii, 675 s. ISBN: 978-80-200-2155-7.
- Ollivier, F. J. et al. 2004. Comparative morphology of the tapetum lucidum (among selected species). Veterinary Ophthalmology. 2004 (7,1). 11 - 22.
- Orel, M., Facová, V. 2010. Člověk, jeho smysly a svět. Vyd. 1. Grada. Praha. 248 s. Psyché (Grada). ISBN: 978-80-247-2946-6.

Procházka, Z. 2005. Chov psů. Vyd. 3., V Pasece 1. Paseka. Praha. 314 s., [12] s. barev. obr. příl. ISBN: 80-718-5768-8.

Quignon, P. et al. 2012. Genetics of canine olfaction and receptor diversity. Mammalian genome. Springer. 23 (1-2). 132-143. ISSN: 09388990.

Rakshit, T. et al. 2015. Rhodopsin Forms Nanodomains in Rod Outer Segment Disc Membranes of the Cold-Blooded *Xenopus laevis*. PLoS ONE [online]. 10 (10). 1-11. DOI: 10.1371/journal.pone.0141114. ISSN: 19326203. Dostupné také z: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?sid=7993daef-27ea-4bf4-9f43-1e850917bf73%40sessionmgr114&vid=0&hid=119>

Reece, W. O. 2011. Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat. 1. české vyd. Grada. Praha. 473 s. ISBN: 9788024732824.

Robin, S. et al. 2009. Genetic diversity of canine olfactory receptors. BMC Genomics. 2009 (10:21). 1 - 16.

Salazar I, Cifuentes JM, Sánchez-Quinteiro P. 2013. Morphological and immunohistochemical features of the vomeronasal system in dogs. Anatomical Record (Hoboken, N.J.: 2007) [online]. 296 (1). 146-155. DOI: 10.1002/ar.22617. ISSN: 19328494.

Settles, G. S., Kester, D. A., Dodson-Dreibelbis, L. J. 2003. The external aerodynamics of canine olfaction. Springer. ISBN: 370917287X.

Sonoda, H. et al. 2011. Colorectal cancer screening with odour material by canine scent detection. Gut. BMJ Publishing Group Ltd and British Society of Gastroenterology. . gut-2010. ISSN: 14683288.

Straus, J., Kloubek, M. 2010. Kriminální odorologie. Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. Plzeň. 184 s. ISBN: 978-80-7380-238-7.

Terra, V. C. et al. 2012. Do pets reduce the likelihood of sudden unexplained death in epilepsy? Seizure. Elsevier. 21 (8). 649-651. ISSN: 10591311.

Tichá, V. 2010. Kynologická příručka pro rozhodčí, chovatele a vystavovatele. 1. Ilustrace Oldřich Tripes. Dona. České Budějovice. 141 s., [16] s. barev. obr. příl. ISBN: 9788073221409.

Wells, D. L. 2007. Domestic dogs and human health: An overview: An overview. *British journal of health psychology*. Wiley Online Library. 12 (1). 145-156. ISSN: 20448287.

Wells, D. L., Lawson, S. W., Siriwardena, A. N. 2008. Canine responses to hypoglycemia in patients with type 1 diabetes. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. Mary Ann Liebert, Inc. 140 Huguenot Street, 3rd Floor New Rochelle, NY 10801-5215 USA. 14 (10). 1235-1241. ISSN: 10755535.

Yamate, M. 2013. What's Your Diagnosis?: Acute Peripheral Vestibular Syndrome in a Dog. *American Journal of Traditional Chinese Veterinary Medicine*. 2013 (1). 73 - 76.

Zelinka, M. 1999. Mám dojem, že mého psa něco bolí. In: *Veterina - info* [online]. Pfizer Animal Health. Frenštát pod Radhoštěm. [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <<http://www.veterina-info.cz/odborne-clanky/mam-dojem-ze-meho-psa-neco-boli.-6.html>>