

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra etologie a zájmových chovů



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Detekce onemocnění covid-19 pomocí psa

Bakalářská práce

Simona Rotterová

Zoorehabilitace a asistenční aktivity se zvířaty

doc. Ing. Helena Chaloupková, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že bakalářskou práci "Detekce onemocnění covid-19 pomocí psa" 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 21. 4. 2023

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé bakalářské práce doc. Ing. Heleně Chaloupkové, Ph.D., která mi v průběhu práce předávala své připomínky. Poděkování patří také Ing. Adéle Polónyiové za konzultace a cenné rady. Velké poděkování patří i kpt. Bc. Janu Pleskačovi za poskytnuté informace, velmi důležité pro vypracování mé bakalářské práce. Dále děkuji mé rodině za trpělivost a za její podporu po celou dobu mého studia na Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity v Praze.

Detekce onemocnění covid-19 pomocí psa

Souhrn

Tématem bakalářské práce bylo včasné rozpoznání nemoci covid-19 v rámci celosvětové pandemie. Cílem bylo zhodnocení efektivnosti využití detekčních psů jako epidemiologického nástroje a jejich využití v prevenci šíření koronaviru SARS-CoV-2 v průběhu epidemie v letech 2019-2022. Práce měla formu literární rešerše a zaměřovala se na popis nemoci SARS-CoV-2 a průběh epidemie, způsoby testování SARS-CoV-2, na využití psa při detekci chorob a jeho výchovu. Práce využila i poznatky a postupy Celní správy ČR, která měla výcvik psů pro detekci onemocnění covid-19 v ČR na starosti. Práce se pokusila sumarizovat dosavadní celosvětový výzkum v pachové detekci covidu-19 za pomoci psa, shrnout praktické poznatky ze studií na dané téma, nalézt vhodné metody pro výcvik detekčních psů a na základě rešerše literatury také zhodnotit efektivitu takto vycvičených psů v porovnání s jinými metodami, zejména metodou PCR testů. Ze závěru práce vyplynulo, že psi by mohli sehrát podstatnou roli v detekci onemocnění covid-19 i dalších podobných virových onemocnění v budoucnu. Jejich použití by bylo obzvláště vhodné u lidí se specifickými potřebami a při hromadných akcích, kde se současně vyskytuje mnoho osob. Detekční psi se prokázali jako rychlejší metoda testování oproti jiným diagnostickým testům, avšak tato metoda nebyla v rámci citlivosti přesnější než PCR testy. Byla konstatována potřeba standardizace metod použití detekčních psů pro tyto účely, certifikace jejich výcviku a technik nasazení. Tato práce svým obsahem koreluje se studijním oborem zoorehabilitace a asistenční aktivity se zvířaty, jelikož práci detekčních psů pro rozpoznání nemoci vnímám jako důležitou součást odborných znalostí o psech.

Klíčová slova: SARS-CoV-2, pandemie, virus, detekční pes, Celní správa ČR

Detection of covid-19 disease by a dog

Summary

Early diagnosis of the covid-19 disease in the context of a worldwide pandemic was the subject of the bachelor's thesis. The objective was to assess the efficacy of using detection dogs as an epidemiological tool and for controlling the SARS-CoV-2 coronavirus outbreak from 2019 to 2022. The thesis followed the form of a literature review and concentrated on the description of the SARS-CoV-2 disease and the progression of the epidemic, methods of testing for SARS-CoV-2, and the employment of the dog in disease detection as well as its training. The Customs Administration of the Czech Republic, which was largely in charge of training canines to identify covid-19 sickness in the Czech Republic, was also used in the thesis. The thesis attempted to summarize existing global research in odor detection of covid-19 using dogs, to summarize practical findings from studies on the subject, to find appropriate methods for training detection dogs, and to evaluate the effectiveness of such trained dogs in comparison to other methods, particularly the PCR test method, based on a literature search. The study indicated that dogs could play an important role in the identification of covid-19 and other related viral illnesses in the future. Their use would be especially ideal for those with special needs and at large crowd gatherings. Detection dogs have been shown to be a faster form of testing than other diagnostic techniques, however they are not more reliable in terms of sensitivity than PCR tests. The necessity for standardization of methods of using detection dogs for these reasons, as well as certification of their training and deployment techniques, was identified. This thesis' content is related to the study of zoo-rehabilitation and animal assistive activities, as I consider the work of detecting dogs for illness detection to be an important element of the professional knowledge of dogs.

Keywords: SARS-CoV-2, pandemic, virus, detection dog, Czech Customs Administration

Obsah

1 Úvod	7
2 Cíl práce	8
3 Literární rešerše	9
3.1 Covid-19	9
3.2 Pandemie	10
3.3 Testování	11
3.3.1 Antigenní testy	12
3.3.2 PCR testy	12
3.3.3 Alternativní metody.....	12
3.4 Využití psa při pachové práci	13
3.4.1 Olfakce u psa	14
3.4.2 Učení psa	15
3.4.3 Výběr detekčního psa	16
3.4.3.1 Využívaná plemena.....	17
3.4.4 Proces výcviku detekčního psa.....	21
3.4.4.1 Obecné zásady výcviku psa	22
3.4.4.2 Délka a průběh výcviku psa	22
3.5 Kynologie u Celní správy ČR	23
3.5.1 Využití detekčních psů na letištích v rámci pandemie	24
3.5.2 Detekce nemoci covid-19 na letišti Václava Havla.....	26
3.6 Výzkum v pachové detekci covidu-19 za pomoci psa	27
3.6.1 Práce se vzorky.....	27
3.6.2 Přesnost identifikace vzorku	28
3.6.3 Porovnání citlivosti PCR testu a detekčního psa.....	29
3.6.4 Celková úspěšnost využívání detekčních psů	30
4 Závěr	31
5 Literatura	32
6 Zdroje obrázků	41
7 Zdroje tabulek	42

1 Úvod

Začátkem roku 2020 se v čínském městě Wu-chan objevil nový virus, jehož šířením započala pandemie. V České republice se koronavirus poprvé objevil 1. března 2020. Začalo to výskytem několika případů, ale velmi brzy se počet nakažených za den razantně zvýšil. Bylo nutné, aby vláda ČR zavedla opatření k potlačení přenosu infekce. Prioritou bylo, co nejrychleji identifikovat nemoc covid-19. Lidé, kteří pociťovali příznaky, byli posláni na laboratorní testy detekující onemocnění covid-19 (PCR test, antigenní test) a museli dodržovat izolaci. Avšak nedostatek roušek, testů či jejich určitá chybovost v boji s touto pandemií nepomáhaly. Nikdo nebyl připravený na život ohrožující virus, který se šířil nesmírnou rychlostí. Z důvodu rychlejší reakce jednotlivých států na tuto nově vzniklou situaci a s cílem včasného zastavení pandemie se začali vědci napříč všemi státy světa věnovat vývoji alternativních metod testování, více mobilních, přesnějších a ekonomičtějších.

Jednou z možností bylo využití psa pro pachovou práci. Zatímco studium detekce jiných zvířat (př. potkani) je samo o sobě přínosné, psi jsou jedineční svou schopností snadno pracovat po boku člověka. Psi mají také výraznou schopnost učit se novým dovednostem a lidé tento potenciál umí náležitě využít ve svůj prospěch. Dokonalý čich, kterým psi disponují, slouží lidem pro vyhledávání psychotropních látek, zbraní, výbušnin či osob již delší dobu. Pes se využívá i pro diagnostiku určitých nemocí. Použití psů při odhalování zdravotních stavů a nemocí, jako je například rakovina či cukrovka, bylo potvrzeno několika studiemi (Horvath et al. 2013; Taverna et al. 2015; Hardin et al. 2015). To vše je možné, pokud je pes cvičen zkušeným psovodem. Vztah mezi psovodem a psem je pro úspěšnou práci služebního psa klíčovým faktorem. Tento vztah musí být pevný, pozitivní a založený na respektu. Proto je nezbytné, aby psovod disponoval dostatečnými kynologickými znalostmi a zkušenostmi. Služební pes je nejlepším přítelem svého pána, kterého chrání a poslouchá. Avšak aby byl pes schopen vykonávat svou práci na vysoké úrovni, je nutné, aby byl správně vychováván a cvičen již od narození. Lze tedy konstatovat, že kvalitní výcvik je důležitý, avšak ještě důležitější je kvalitní vztah mezi psovodem a psem, který předchází výcviku a umožňuje úspěšné provádění práce služebního psa.

2 Cíl práce

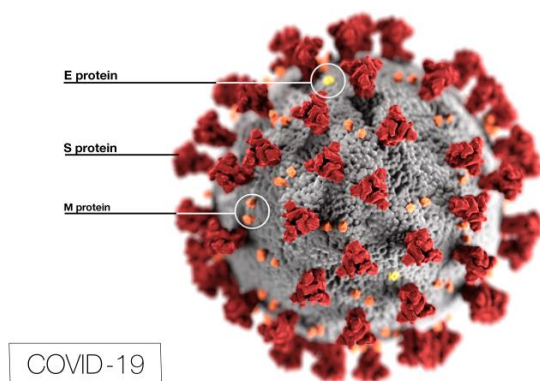
Cílem práce je zjistit, zdali může být speciálně vycvičený pes rychlejší a přesnější při detekci osob s onemocněním covid-19 proti standardnímu testování pomocí antigenních či PCR testů. Bakalářská práce se zaměřuje na využívání psů při pachovém rozpoznání nemoci a poukazuje na možnou alternativu v rámci testování.

3 Literární rešerše

Epidemie a pandemie vznikaly v celé historii lidstva. V posledních sto letech jich však významně přibývá, např. španělská chřipka (1918-1920), asijská chřipka (1957-1958), hongkongská chřipka (1968-1969) či mexická prasečí chřipka (2009-2010) (Appenzeller 2005). Tyto skutečnosti ukazují, že lidé nejsou neomylní a jednotlivé státy světa musí být připraveny s těmito novými výzvami bojovat. Výskyt koronaviru covid-19 byl poprvé zaznamenán ke konci roku 2019 a o pár měsíců později jej Světová zdravotnická organizace vyhlásila za pandemii. Země po celém světě reagovaly na šíření viru různě. V Číně, stejně jako v dalších velkých zemích, bylo zaznamenáno zpoždění v detekci a reakci na tuto nemoc, což vedlo k přetížení místních zdravotnických systémů. Na druhou stranu některé jiné země zavedly účinné strategie k omezení nákazy a od počátku pandemie zaznamenaly velmi nízký počet případů. Jako nejúčinnější opatření pro kontrolu šíření nemoci se ukázala restriktivní opatření, jako je sociální distancování, včasné odhalování případů, izolace, sledování kontaktů a karanténa exponovaných osob (Khanna et al. 2020).

3.1 Covid-19

Koronavirové onemocnění (covid-19) je vysoce infekční onemocnění způsobené virem SARS-CoV-2. Patří do rodiny koronavirů (viz Obrázek 1), do které se řadí běžné viry způsobující řadu onemocnění od bolení hlavy nebo hrudníku až po závažnější onemocnění, jako je těžký akutní respirační syndrom (SARS) a blízkovýchodní respirační syndrom (MERS). Stejně jako mnoho jiných respiračních virů se koronaviry rychle šíří kapénkami, které se dostávají z úst nebo nosu při dýchání, kašli, kýchání nebo mluvení (Centers for Disease Control and Prevention 2021). Příznaky onemocnění se mohou pohybovat od asymptomatického až po život ohrožující průběh, ale obvykle covid-19 způsobuje respirační problémy, horečku, kašel, únavu a ztrátu čichu a chuti. Příznaky se mohou podobat nachlazení či chřipce a začínají jeden až čtrnáct dní po setkání s virem. Přibližně jeden z pěti nakažených nevykazuje žádné příznaky (European Center for Disease Prevention and Control 2021). U většiny lidí infikovaných virem se vyvinou mírné až středně těžké respirační problémy a zotaví se bez zvláštní léčby. Někteří lidé však onemocní závažně a vyžadují lékařskou péči. Starší dospělí a lidé, kteří trpí zároveň jiným druhem onemocnění, jsou vystaveni zvýšenému riziku závažného onemocnění způsobeného covid-19 (World Health Organization 2022).



Obrázek 1. Ilustrace vytvořená v Centru pro kontrolu a prevenci nemocí ukazuje ultrastrukturální morfologii koronaviřů (Centers for Disease Control and Prevention 2021).

Mezi preventivní opatření patří udržování fyzického odstupu, větrání, zakrývání nosu a úst u kašle a kýchání, mytí rukou a udržování nemytých rukou mimo obličej. Pro minimalizaci rizika přenosu se doporučuje na veřejnosti používat roušku, obličejový štít nebo respirátor. Bylo vyvinuto několik vakcín proti covid-19, po nichž následovalo hromadné očkování ve většině zemí po celém světě, podporované očkovacími kampaněmi. Bylo prokázáno, že očkování proti covid-19 zpomaluje šíření infekce a pomáhá předcházet závažným průběhům nemoci a úmrtím (Maurer et al. 2022).

3.2 Pandemie

„Pandemie je definována jako epidemie, která se vyskytuje celosvětově nebo na velmi rozsáhlém území, překračuje mezinárodní hranice a obvykle postihuje velký počet lidí“ (Mascie Taylor & Moji 2021).

K rozsáhlým nálezům postihujícím velké množství obyvatel docházelo v průběhu celé lidské historie a zdá se, že jejich výskyt narůstá v důsledku rostoucího výskytu virových onemocnění zvířat (zoonóz). Pandemie mají zdravotní, ekonomické, genderové, sociální a politické dopady. Budování pandemické připravenosti je složité a vyžaduje značnou koordinaci. V souvislosti s covid-19 bylo modelování přenosu ústředním bodem reakce mnoha vlád, včetně zavedení opatření ve smyslu fyzického a sociálního odstupu (Mascie Taylor & Moji 2021).

Světová zdravotnická organizace vyhlásila vypuknutí koronavirové epidemie v lednu 2020 za celosvětovou zdravotní nouzi a v březnu 2020 za pandemii. K 26. září 2022 bylo v 201 zemích potvrzeno celkem 616,14 milionu případů způsobených covid-19, včetně 6,54 milionu úmrtí na onemocnění (COVID-19 Dashboard). V týdnech a měsících po šíření nemoci covid-19 se jednotlivé země snažily zavést rychlý a rozsáhlý screening a testování. Na počátku pandemie mohli testování na covid-19 podstoupit pouze lidé, kteří nedávno vycestovali, což znemožnilo identifikaci domácího přenosu a zpozdilo kritické reakce v oblasti veřejného zdraví. Reakci dále zkomplikovalo zjištění, že asymptomatický přenos je poměrně vysoký a nyní se ukázalo, že se vyskytuje u více než poloviny případů covid-19 (Otto et al. 2021). V této dřívější fázi pandemie mnoho zemí používalo politiku karantény v boji proti šíření nálezů, avšak tyto zákazy způsobily masivní kolaps ekonomiky, zejména v rozvojových a ekonomicky méně

vyspělých zemích. Vlády v těchto zemích musely některá opatření uvolnit, aby tak zachránily svou ekonomiku, což mělo za následek další vlny pandemie (Eskandari et al. 2021).

Tato pandemie však postupem času vedla k důležitým výzkumným projektům a k nalezení nových účinných léků na covid-19 a virových vakcín. Zásadní potřebou však stále zůstává přesný a rychlý screening osob, které mohou být nositeli viru covid-19, ať už symptomatickými nebo asymptomatickými. Rozsáhlé testování s rychlým hlášením výsledků je důležité pro zpomalení a omezení šíření infekce (Dickey & Junqueira 2021). Několik zemí jasně prokázalo, že včasné a masivní testování, následované okamžitou izolací ve vyhrazených prostorách a důsledným sledováním kontaktů, bylo jediným opatřením, které účinně zastavilo pandemii ještě předtím, než byla k dispozici první účinná vakcína (Vesga et al. 2021). Pandemie koronavirového onemocnění poukázala na zásadní potřebu lepší připravenosti na budoucí pandemické hrozby. Důležité je, že do značné míry nekontrolované šíření pandemie odhalilo řadu nedostatků v plánování a provádění protipandemických opatření prakticky po celém světě. Pokud by byly tyto nedostatky odstraněny před vznikem pandemie, mohlo to významně změnit trajektorii epidemie ve všech zemích (Otto et al. 2021).

3.3 Testování

Podle doporučení Světové zdravotnické organizace (WHO) je nejkritičtější problémem při přijímání strategií a opatření ke zmírnění šíření nemoci možnost screeningu velkého počtu osob, což je buď nemožné nebo obtížné. Vzhledem k prokázaným schopnostem psů lze tedy předpokládat, že pomocí vycvičených detekčních psů je možné rychle a s nižšími náklady provést screening definované populace nebo prostředí (World Health Organization 2022).

Současné testování na přítomnost koronaviru, který způsobuje onemocnění covid-19, je obvykle závislé na odběru vzorků nosních výtěrů od testovaných subjektů. Tyto testy (polymerázová řetězová reakce s reverzní transkripcí - PCR a antigenní testy) jsou invazivní, jejich zpracování může trvat dlouho a mohou poskytovat falešně negativní a falešně pozitivní výsledky (Dickey & Junqueira 2021). Stanovení přesnosti diagnostického nebo screeningového testu vyžaduje vyhodnocení specifčnosti a citlivosti testu. Obecně platí, že čím vyšší je hodnota těchto dvou charakteristik, tím je test přesnější. Citlivost je schopnost testu správně identifikovat pozitivní vzorky. Specifčnost je schopnost testu správně identifikovat vzorky, které pocházejí od jedinců, kteří infekci nemají (Otto et al. 2021).

Na potřebu rychlých, levných a účinných testů v reálných podmínkách upozornili Mina et al. (2020) ve svém článku publikovaném v *New England Journal of Medicine*: „*Měření citlivosti testovacího filtru vyžaduje, abychom test posuzovali v kontextu: jak často se používá, komu se aplikuje, kdy v průběhu infekce funguje a zda se jeho výsledky vrátí včas, aby se zabránilo šíření.*”

Nepřetržité celosvětové zlepšování vlastností diagnostických testů je nezbytné pro rychlejší detekci nemoci u pacientů. Je zároveň důležité pro optimalizaci prevence a léčby, a to jak v průmyslově vyspělých zemích, tak v rozvojových zemích (Vandenberg et al. 2021).

3.3.1 Antigenní testy

Antigenní testy jsou rychlé testy, které byly zavedeny téměř rok po rozšíření nákazy (Otto et al. 2021). Poskytují výsledky do 15-30 minut a jsou méně spolehlivé než PCR, zejména u osob, které nemají příznaky choroby. U osob s potvrzeným covid-19 antigenní testy správně identifikovaly infekci covid-19 v průměru u 73 % osob s příznaky nemoci ve srovnání s 55 % osob bez příznaků. Testy byly nejpřesnější, pokud byly použity v prvním týdnu po začátku příznaků (Dinnes et al. 2022). Pro co nejlepší odhalení infekce je třeba negativní antigenní test opakovat s odstupem nejméně 48 hodin (tzv. sériové testování). Někdy může být doporučeno následné vyšetření PCR k potvrzení výsledku antigenního testu. Samotesty neboli domácí testy jsou obvykle antigenní testy, které lze provést kdekoli, aniž by bylo nutné navštívit konkrétní stanovené testovací místo (Centers for Disease Control and Prevention 2021).

Diagnostické testy na antigen covid-19 detekují specifické proteiny na povrchu viru. Tato relativně levná metoda poskytuje analyzované výsledky, ale antigenní metoda má své vlastní problémy. Podle stejné zprávy v časopise Science 1 má většina antigenních testů citlivost někde mezi 50 a 90 %, což může vést k tomu, že až polovina infikovaných osob bude informována o tom, že nejsou infikovány (Dickey & Junqueira 2021).

3.3.2 PCR testy

Reverzní transkripční polymerázová řetězová reakce (RT-PCR) je typem virového diagnostického testu na SARS-CoV-2, virus způsobující covid-19. PCR pro SARS-CoV-2 specificky identifikuje sekvence RNA (ribonukleové kyseliny), které tvoří genetický materiál viru (Centers for Disease Control and Prevention 2021). Současné testovací režimy obvykle vyžadují výtěry z nosohltanu aplikované vyškolenou osobou a test pro identifikaci patogenu (Jendry et al. 2020). Analýza Kima et al. (2020) odhaduje, že citlivost testu RT-PCR je 89 %. Doplnění údajů z novějších studií vede k závěru, že citlivost je 87,8 % (Jarrom et al. 2022). Mezi nevýhody metody RT-PCR patří invazivnost pro testovaný subjekt, náklady na testování a opožděné hlášení výsledků (Dickey & Junqueira 2021). Hlášení pozitivního či negativního výsledku testu PCR trvá 2-7 dní (Sarkis et al. 2022).

V mnoha zemích, a zejména v těch s omezenými ekonomickými zdroji, bylo velmi obtížné realizovat programy masové detekce viru. Důvodem je skutečnost, že doporučovanými přístupy jsou velmi drahé molekulární metody, jako je právě kvantitativní polymerázová řetězová reakce (Mancilla-Tapia et al. 2022).

3.3.3 Alternativní metody

Diagnostické metody využívající přístrojové vybavení jsou ovlivněny faktory, jako je absence čistoty zařízení, vytvářenou různými látkami v přírodě a neustále se vyvíjejícími činiteli, například teplotou, vlhkostí a větrem (Angle et al. 2016). Nadále přetrvává potřeba alternativních metod testování a screeningu covid-19, které nejsou invazivní, mohou poskytovat rychlé výsledky a mohou být prováděny náhodně s vysokou mírou citlivosti, specifčnosti a přesnosti pro velký počet osob, které mohou být využity ve fázi ohrožení v rámci epidemií či pandemií (Dickey & Junqueira 2021). Tyto problémy lze částečně vyřešit využitím vycvičených detekčních psů, neboť se ukázalo, že jsou efektivní v celosvětovém měřítku v

mnoha náročných situacích, napríklad během vojenských, policejních, záchranných a jiných činností. Psi jsou navíc mobilní a mohou vystopovat pach až k jeho zdroji. Aby byla jiná detekční metoda srovnatelná s detekční schopností psů, měla by být mimořádně citlivá a schopná pohybu směrem k cílovému zdroji. Žádný v současnosti dostupný systém tato kritéria nesplňuje (Angle et al. 2016). Pro srovnání: mamografický screening rakoviny prsu má obvykle citlivost kolem 86,6 % a specificitu kolem 96,8 % (Banks et al. 2004). Psi vycvičení k detekci rakoviny ve vzorcích dechu vykazují srovnatelné schopnosti - citlivost kolem 88,0 % a speciřičnost kolem 97,7 % (McCulloch et al. 2006).

Screening na onemocnění pomocí psů bude pravděpodobně užitečný ve velmi raných fázích pandemie, protože přeškolení zkušených psů může být poměrně rychlé (Otto et al. 2021). Každý pes má screeningovou kapacitu 250 vzorků za hodinu, což je dostatečně efektivní, aby mohl být na určitých místech použit ke kontrole přenosu nemoci (Eskandari et al. 2021). Přestože psi pro detekci onemocnění nenahrazují tradiční screeningové a diagnostické testy a jejich použití má svá omezení, mají své výhody jako potenciální neinvazivní screeningový přístup, který je okamžitý (Otto et al. 2021).

3.4 Využití psa při pachové práci

Lidé používají psy - (*Canis lupus familiaris* Linnaeus, 1758) - k pachové detekci již od počátků domestikace. Ve společnostech lovců a sběračů byli důležití jako spojenci pro stopování při lovu (Ostrander et al. 2017). Jejich vynikající čich je nesmírně užitečný a první studii o jejich čichových schopnostech publikoval před více než 130 lety George J. Romanes, vědecký spolupracovník Charlese Darwina. Dnes jsou dokonale vycvičení psi neocenitelní nejen pro svou službu státu, ale také proto, že jejich přesnost předčí analytické přístroje (Vesga et al. 2021).

Využití psů při pachové práci se v lékařské literatuře datuje od případu z roku 1989, kdy pes dokázal vycítit melanom na těle svého majitele. Od té doby se mnoho studií zaměřilo na využitelnost psího čichu pro screening nebo diagnostiku různých zdravotních stavů (Eskandari et al. 2021). Několik studií prokázalo účinnost využití psů při odhalování zdravotních stavů a nemocí, jako jsou rakovina, cukrovka, malárie a Parkinsonova choroba (Horvath et al. 2013; Taverna et al. 2015; Hardin et al. 2015; Rosell 2018; Guest et al. 2019; Gao et al. 2022). Pomocí vdechovaných molekul a částic vzduchu mohou psi detekovat pachové molekuly člověka, které mohou pocházet z odlupujících se buněk kůže nebo vlasů, krve, dechu, slin, potu, slz, nosní sliznice, moči, spermatu nebo výkalů. Přesněji řečeno, psi mohou detekovat pachy/těkavé organické sloučeniny (VOC), které jsou produkovány lidskými tkáněmi, jež se vyvíjejí do určitých patologických stavů spojených s konkrétními nemocemi, jako jsou ty, které jsou uvedeny výše (Dickey & Junqueira 2021). VOC jsou organické chemické látky s vysokým tlakem par při pokojové teplotě. Molekuly těkavých organických látek se tak z kapalných nebo pevných sloučenin odpařují nebo sublimují a stávají se těkavými. Ve srovnání s bakteriemi nemají viry vlastní metabolismus, a proto jsou VOC uvolňovány infikovanými tělními buňkami v důsledku metabolických procesů hostitele (Amann et al. 2014). Tento přístup však dosud nebyl široce používán pro detekci nebo hromadný screening v podmínkách globální pandemie. Psi byli vycvičeni a používáni například na letištích či jiných místech koncentrace osob k detekci stopového množství psychotropních látek a výbušnin, vyskytujících se na předmětech,

nebo na též na osobách. Jsou využíváni vládními bezpečnostními agenturami a soukromými společnostmi po celém světě. Psi se používají rovněž při pátracích a záchranných operacích v případech živelných katastrof. Pro lékařskou detekci se také používají asistenční psi (např. upozornění na pokles hladiny cukru v krvi u diabetiků nebo na nástup záchvatů) (Otto et al. 2021).

Detekční psi by mohli být úspěšně použiti, stejně jako při vyhledávání psychotropních látek, výbušnin nebo zbraní, k detekci nakažených osob na veřejných místech jako jsou letiště, sportovní akce, koncerty či jiné události s velkou koncentrací osob. Je možné je využít jako alternativu nebo doplněk k laboratornímu testování, čímž by mohli dopomoci k zabránění dalšího šíření viru nebo vzniku dalších ohnisek nákazy (Jendry et al. 2020). Vzhledem k tomu, že psi jsou vůči SARS-CoV-2 ze své podstaty odolní a virus se u nich nemůže replikovat ani se přenášet ze psů na jiné savce, je nejen bezpečné, ale i oprávněné studovat jejich účinnost a efektivitu při diagnostice covid-19 pomocí pachu (Vesga et al. 2021).

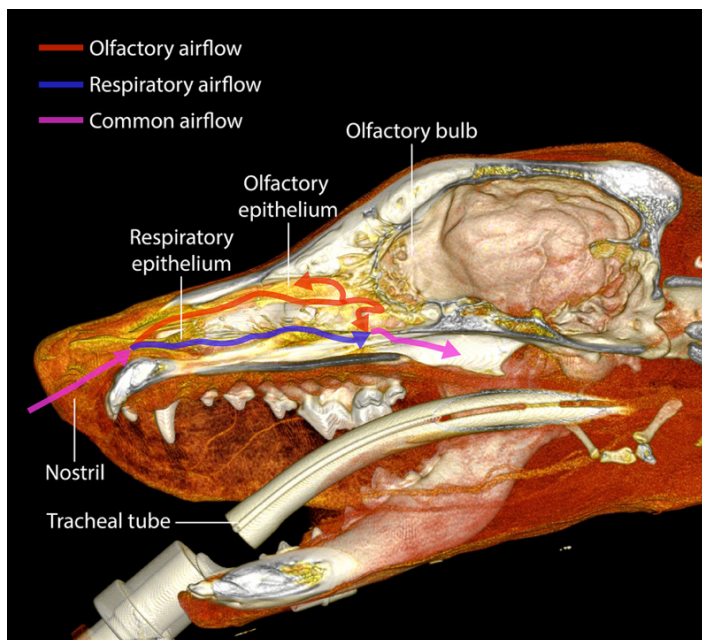
3.4.1 Olfakce u psa

Olfakce je komplexní proces, který lze rozdělit do dvou fází. První je detekční fáze, která nastává v čenichu, kdy se do něj dostane pach. Následuje fáze analýzy, kdy jsou vjemy zpracovávány a dále přenášeny do příslušných částí mozku (Galibert et al. 2016). Čichový proces je založen na principu přijímání chemických signálů z okolí prostřednictvím interakce vícera smyslových orgánů (Dulac & Herrada 1997). Mezi ně patří hlavní olfaktorický systém a vomeronasální systém, známý také jako přídatný olfaktorický systém (Dulac & Herrada 1997; Barrios et al. 2014).

Psi mají mimořádné čichové schopnosti, které dalece převyšují čichové schopnosti lidí. Zdá se, že čich je pro psy hlavním smyslem, který jim umožňuje nejen shromažďovat aktuální i historické informace o okolním prostředí, ale také najít zdroj pachu, což je klíčové pro vyhledání potravy nebo partnera pro rozmnožování (Kokocińska-Kusiak et al. 2021). Psi mají 1 094 čichových receptorů ve srovnání s 802 receptory u člověka. Díky unikátním vlastnostem těchto receptorů vnímají těkavé organické sloučeniny (VOC). Čichová sliznice (tzv. čichový epitel), která je spolu s mozkem zodpovědná za detekci pachů, je více než třikrát větší než u člověka. Větší epitel zjednodušeně řečeno znamená větší plochu pro čichové receptorové buňky - neurony. Větší počet smyslových neuronů může zvýšit přesnost čichu psa, nicméně to samo o sobě nepředznamenává pracovní schopnost psa (Rauth-Widmann 2006). Jednotlivá psi plemena se od sebe čichem liší. Pravděpodobně proto, že ve skutečnosti mají jiný počet olfaktorických genů. Značí se zde i rozdíl mezi krátkolebými (brachycefalickými) a dlouholebými (dolichocefalickými) plemeny, kde krátkolebá plemena př. boxeři mají o něco méně čichových genů. Výzkum v této oblasti je stále v začátcích, ale existují určité důkazy, že specifické geny mohou být dokonce spojeny s detekcí specifických odorantů (Horowitz 2019).

Pravděpodobně největší rozdíl mezi čichem člověka a psa je v pohyblivosti nozder. Psi vlastní dvě oddělené sady přírodních nosních dírek, které mu umožňují nasávat a vyfukovat vzduch jinými směry. Díky tomu nedochází k odfouknutí zdroje pachu. Při klidném dýchání psa nozdrami a tlamou, prochází celý proud vdechovaného vzduchu spodním nosním průchodem (Obrázek 2), tudíž se pachové látky nedostávají přímo do kontaktu s epitelem čichové oblasti. Díky tomu nemůže dojít k čichové únavě, což by znamenalo, že pes přestane

vnímat určitý pach. Tato jeho jedinečnost je pravděpodobně důsledkem evolučního vývoje (Rosell 2018). Předpokládá se, že psi čich je 10 000 krát až 100 000 krát citlivější než lidský (Sarkis et al. 2022). Psi také cítí trojrozměrně, což jim dává čichovou schopnost vnímat hloubku. Pes má 125-300 milionů čichových buněk, zatímco u člověka je to jen 5-6 milionů. A konečně, jedna třetina psiho mozku je věnována interpretaci pachů, zatímco u lidí je to pouze 5 % (Rosell 2018).



Obrázek 2. Trojrozměrná počítačová tomografická rekonstrukce psi lebky. Šipky znázorňují dýchací cesty, přičemž růžová šipka znázorňuje společné proudění vzduchu, červená a modrá šipka znázorňují čichové a dýchací proudění. Označeny jsou nozdrý, čichový a dýchací epitel, čichový bulbus a tracheální trubice (Jendry et al. 2021).

Psi pachové informace zpracovávají a ukládají pravděpodobně jako vzory nebo pachové „obrazy“ ve svém mozku pro budoucí použití. Tato konkrétní schopnost se využívá pro identifikaci jednotlivých chemických látek a pachů (Dickey & Junqueira 2021). Nedávný výzkum naznačil, že pracovní paměť psů pro pachy v úloze pachového rozpětí je až 72 pachů, což je podobné jako u potkanů (Krichbaum et al. 2020). Pokud jde o dlouhodobou pachovou paměť, psi jsou schopni se snadno naučit úspěšně detekovat 10 různých cílových pachů, ale experiment bohužel nehodnotil více než 10 pachů (Williams & Johnston 2002). Zajímavé je, že málo prací hodnotilo uchování pachové paměti u psů, ale jedna studie na třech psech zjistila, že psi si zachovali přesný výkon v rozlišování pachů po 69 dnech (Lubow et al. 1973). Nejnověji Lazarowski et al. (2021) rozšířili tyto výsledky a zjistili, že paměť psů pro rozpoznávání pachů zůstává do značné míry stabilní po dobu 12 měsíců s minimálním tréninkem.

3.4.2 Učení psa

Učení je proces, který zabraňuje selhání vrozených genetických programů a lze jej označit za nejdůležitější adaptaci chování, která zlepšuje a urychluje interakci mezi zvířetem a jeho prostředím. V rámci učení se jedná o individuální adaptaci, kterou se řídí i veškeré informační procesy (Veselovský 2005).

Bylo prokázáno, že psi se učí pomocí tří klíčových mechanismů: klasické (Pavlovovské) podmiňování, operantní podmiňování a sociální učení (Hall et al. 2021). Především klasické

podmiňování má v procesu výcviku pracovních psů několik klíčových rolí (Pfaller-Sadovsky et al. 2020). Vyznačuje se tím, že zpočátku zcela neutrální podnět, jako je zazvonění zvonku nebo rozsvícení žárovky, se stává spouštěčem specifického chování spojeného s odměnou v podobě potravy (Veselovský 2005). Klasické podmiňování je důležitým procesem, ve kterém se psi učí prostřednictvím asociací s primárními posilovači (hlad, žízeň). Psovod při tomto procesu používá tzv. klikry nebo jiné sekundární posilovače, po kterých následuje odměna (Pfaller-Sadovsky et al. 2020). Podmiňování je klíčovou složkou výcviku detekčních psů. Často se označuje jako takzvaný „pachový imprinting“, kdy je pach spojen s odměnou v podobě potravy nebo hračky, ačkoli se liší od imprintingu, který etologové označují jako specifický typ učení v raném věku (Hess 1959). Použití klasického podmiňování bylo také hodnoceno z hlediska účinnosti při usnadňování výcviku detekce pachů u psů. Psi, kteří byli před formálním výcvikem klasicky podmíněni cílovým pachem, se naučili úkol detekce pachu výrazně rychleji než psi kontrolní (Hall et al. 2014).

Předběžný výzkum naznačuje, že zapojení psa do činností jako je procházka a hra bezprostředně po naučení nového úkolu, pravděpodobně vyvolává „příjemné vzrušení“ a má pozitivní vliv na jeho paměť pro tento úkol při opětovném testování po 24 hodinách (Affenzeller et al. 2017) a dokonce až po 1 roce (Affenzeller 2020).

3.4.3 Výběr detekčního psa

Vzhledem k tomu, že detekční psi jsou moderním fenoménem, nebyl žádný pes vyšlechtěn výhradně pro tento účel (Rooney & Bradshaw 2004). Rozdíly mezi pracovními výkony psů lze přičíst rozdílům v chování, což zdůrazňuje důležitost výběru psa, který je fyzicky schopný a behaviorálně vhodný pro detekční práci (Slabbert & Odendaal 1999). To má za následek, že některá plemena jsou pro detekční práci upřednostňována.

Výcvik psů pro pachovou detekci je finančně náročný. V důsledku toho je důležité vědět, jaká kritéria uplatnit při výběru vhodného psa pro tento typ práce (Lipka et al. 2017). Detekční psi by měli pracovat rychle, přičemž by neměli minout zamýšlené cíle ani se předčasně vyčerpat (Jezierski et al. 2014). V obtížném terénu by měli být detekční psi hbití, s výjimečnou vytrvalostí, která jim umožní procházet terénem. Výběr stavby těla a velikosti psa je tedy odrazem pracovního prostředí psa. Detekční pes bude v ideálním případě vysoce motivován hrou, a to až k posedlosti (Rebmann et al. 2000). Detekční pes musí být schopen spolupracovat s člověkem (tzv. smečkový pud) a sledovat vizuální i sluchové signály. Tím je zajištěna efektivní a poslušná práce psa v terénu. Detekční psi by měli vykazovat minimální agresivitu vůči lidem i psům, což umožňuje klidné domácí nebo chovné prostředí (Rooney & Bradshaw 2004). Ačkoli by měl být pes ochoten spolupracovat se svým psovodem, měl by mít detekční pes při práci určitou míru samostatnosti. To jim umožňuje, aby se v terénu v případě potřeby rozhodovali sami (Rebmann et al. 2000). Zatímco strach a úzkostné reakce jsou klíčové pro přežití, pro detekční psy nejsou ideální (van Rooy et al. 2014).

Současný nedostatek studií, které by porovnávaly plemena psů z hlediska jejich vhodnosti představují výzvu při výběru vhodného detekčního psa (Santariová et al. 2023). Existuje několik screeningových testů, které mohou vyhodnotit a naznačit budoucí pracovní výkonnost psa. V komunitě lidí pohybujících se u pracovních psů však neexistuje jednotnost, pokud jde o screeningové testy (Brownell & Marsolais 2002).

3.4.3.1 Využívaná plemena

Vznik nejrůznějších psích plemen je práce člověka. Plemena psů byla člověkem cíleně vyšlechtěna k plnění specifických úkolů, jako je například pasení, lov nebo hlídání. Vývoj specializovaných plemen tedy začal nejprve ve dvou hlavních skupinách, loveckých a pasteveckých psů (Ostrander et al. 2019). Postupem času došlo ke vzniku speciálních služebních plemen, mezi které patří tyto psi: německý ovčák, belgický ovčák, rotvajler, německý boxer, knírač velký, dobrman, holandský ovčák a labradorský retrívr. Tato specializovaná plemena psů vznikla neustálou umělou selekcí, avšak, jak již bylo uvedeno, v současné době neexistuje žádné specializované plemeno pro detekční práci (Rooney & Bradshaw 2004). Historicky se obecně uznávalo, že zvířata určitého věku, druhu a pohlaví se chovají podobně (Feaver et al. 1986). V současné době existuje značné množství důkazů, které naznačují velké rozdíly mezi chováním jedinců v rámci druhů a plemen (King et al. 2012).

Zatímco anatomické rozdíly se obvykle porovnávají mezi plemeny psů, největší rozdíly jsou v chování (Tabulka 1). V chování každého psa existuje genetická složka, která může být specifická pro dané plemeno, například hlídání hospodářských zvířat u australských ovčáků. Chování je ovlivněno učením, epigenetikou a okolním prostředím (van Rooy et al. 2014). Plemena psů jsou vnímána jako odlišná ve cvičitelnosti a inteligenci, přičemž toto vnímání dále komplikuje identifikaci vhodného pracovního jedince (Rooney & Bradshaw 2004). Podle Corenova žebříčku jsou nejinteligentnější psy border kolie, pudlové, němečtí ovčáci, zlatí retrívři, dobrmani, shetlandští ovčáci, labradorští retrívři, papilloni, rotvajleři a australští honáčtí psi. Nejméně inteligentní plemena jsou baset, mastif, bígl, pekinéz, ohař, barzoj, čau-čau, buldok, basenži a afghánský chrt. Jak již bylo uvedeno, toto pořadí inteligence plemen hlavně souvisí s jejich cvičitelností (Helton 2010).

Tabulka 1. Plemena psů a jejich společné znaky chování.

PLEMENA PSŮ	SPOLEČNÉ ATRIBUTY	DÉLKA ŽIVOTA (ROKY)
Lovečtí psi (např. labradorští retrívři, angličtí špringršpanělé)	<ul style="list-style-type: none"> nízká úroveň agrese, spolupráce s lidmi (Vas et al. 2005) vysoká cvičitelnost (Helton 2010; Turcsán et al. 2011) silné instinkty pronásledování, vysoká vytrvalost (Palika 2007) 	11 - 13 (labradorští retrívři) 12 - 15 (angličtí špringršpanělé) (Palika 2007)
Pastevečtí psi (např. border kolie, australské honáčtí psi, němečtí ovčáci)	<ul style="list-style-type: none"> vysoká cvičitelnost a inteligence (Helton 2010; Turcsán et al. 2011) silný pud pro hru (Svartberg & Forkman 2002) nezávislí řešitelé problémů, spolupráce s lidmi (Jakovcevic et al. 2010) vysoká vytrvalost a odvaha (Svartberg 2002; Palika 2007) 	13 - 15 (border kolie) 12 - 14 (australští honáčtí psi) 9 - 11 (němečtí ovčáci) (Palika 2007)
Teriéři (např. Jack Russell teriéři)	<ul style="list-style-type: none"> špatná cvičitelnost (Helton 2010) vysoká úroveň energie, silný pud pro hru a kořistnický pud, náchylnost k problémům s chováním (Palika 2007) agresivní tendence (Duffy et al. 2008) 	14 - 16 (Jack Russell teriéři) (Palika 2007)
Chrti (např. greyhoundi)	<ul style="list-style-type: none"> náchylnost k poranění, špatná manévrovatelnost, špatná cvičitelnost (Alpak et al. 2004; Helton 2010; Turcsán et al. 2011) neposlušnost mimo vodítko (Palika 2007) 	12 - 14 (greyhoundi) (Palika 2007)
Honiči (např. bloodhoundi, biglové)	<ul style="list-style-type: none"> společenský ale tvrdohlavý, střední úroveň energie (Svartberg & Forkman 2002) relativně špatná cvičitelnost (Ley et al. 2009) neposlušnost mimo vodítko (Palika 2007) 	9 - 11 (bloodhoundi) 14 - 15 (biglové) (Palika 2007)

Detekční psi jsou šlechtěni pro specifické osobnostní rysy. Vyhodnocování výsledků těchto programů chovu psů může být náročné, protože i v rámci těchto specificky selektovaných populací jsou výrazné individuální rozdíly (McGarrity et al. 2016). Například při zkoumání skupiny 1 310 německých ovčáků a 797 labradorských retrívřů ve švédském středisku pro výcvik psů bylo 17 německých ovčáků a 87 labradorských retrívřů úspěšně vycvičeno jako psi pro detekci. Z původních 1 310 německých ovčáků bylo 788 (60,1 %) odmítnuto jako pracovní psi (např. pro policejní a detekční práci) a 147 (11,2 %) bylo utraceno z důvodů chování. Z původních 797 labradorských retrívřů bylo 530 (66,5 %) odmítnuto jako pracovní psi a 42 (5,2 %) bylo utraceno z důvodů chování (Wilsson & Sundgren 1997). Zjevně velmi nízká úspěšnost těchto chovných programů vyvolává otázku etických důsledků chovů tak velkého množství psů, které dále přispívají k přemnožení domácích psů.

Pes by však neměl být vybírán pro detekční práci pouze na základě svého plemene (Rooney & Bradshaw 2004). Prostředí a celoživotní zkušenosti psa mají velký vliv a nelze je

při zkoumání pracovní vhodnosti psa přehlížet (McGarrity et al. 2016). Na veškeré chování je třeba nahlížet s ohledem na kontext prostředí, který může osvětlit reakci chování. Důležitou roli ve vývoji chování hraje učení, kdy psi opakují dříve úspěšné chování. Rané zkušenosti tedy formují vývoj psa a jeho budoucí tendence k chování (van Rooy et al. 2014). Výběr nejlepšího plemene psa sice může zvýšit pravděpodobnost úspěchu jedince při detekční práci, ale nezaručí ji. Individuální variabilita v rámci plemen je obvykle neměřitelná. Jisté je, že každý jedinec by měl být před výběrem důkladně otestován a vyhodnocen, a to bez ohledu na plemeno (Rooney & Bradshaw 2004).

Německý ovčák

Každá země má svá oblíbená plemena, ale tento pes si získal celý svět, díky jeho skvělým vlastnostem. Vyšlechtěn byl v Německu ve 2. pol. 19. století křížením duryňského ovčáckého psa a württenberského psa. Původně byl využíván pro pastýřské účely, ale pro své vlastnosti se využívá jako pes služební. Na začátku 20. století se začal využívat jako vojenský pes, a doposud je nejvíce využíván v této oblasti. Používá se především kvůli jeho inteligenci, pozornosti, poslušnosti, dobré schopnosti se učit novým věcem a hlídání (Palmer 2005). Plemeno je zvláště vhodné pro čichové práce díky své stavbě těla (viz Obrázek 3), která mu umožňuje pracovat nosem na zemi bez fyzické námahy, kde může zacházet s pachovou stopou (Taylor 2008). Často pracuje jako policejní, služební pes celní správy či jako vodící pes pro nevidomé a v řadě dalších funkcí (Palmer 2005).



Obrázek 3. Standard německého ovčáka (Dostupné z: <https://en.working-dog.com/dogs-details/6243016/Milka-del-Camino-Duro>).

Belgický ovčák

V posledních letech má německý ovčák velmi silného konkurenta belgického ovčáka. Plemeno má čtyři varianty lišící se zbarvením a typem a délkou srsti: Groenendael, Tervueren, Malinois a Laekenois. Z hlediska služební kynologie je ze všech tří plemen belgických ovčáků nejčastěji používaný Malinois (Santariová et al. 2023). Malinois (Obrázek 4) byl vyšlechtěn jako první ze skupiny belgických ovčáků, je nazýván podle místa svého původu, Malines. Tento pes se ve službě využívá poměrně krátkou dobu, oproti německému ovčáku je to však výhodou, jelikož jeho chov není tak dlouhý a není přešlechtěný jako jeho starší konkurent. Povahově je mu podobný, jen je rychlejší, ale zase méně vyrovnaný (Palmer 2005). Pro služební použití je obzvláště vhodný, protože jeho krátká srst nevyžaduje zvláštní péči, a přesto mu poskytuje dostatek ochrany i v extrémních mrazech. Belgický ovčák se vyznačuje inteligencí, pohyblivostí, dobrou povahou, ostražitostí, je vynikající jako hlídač a má velmi vyvinuté ochranné pudry (Taylor 2008). Jeho oblíbenost u ozbrojených složek stále stoupá. Také se můžeme setkat s jednou variantou tohoto plemene, a to křížením belgického a německého ovčáka (Obrázek 5), což se zdá jako nejlepší kombinace jejich vlastností (Palmer 2005).



Obrázek 4. Belgický ovčák Malinois (Dostupné z: https://www.ecanis.cz/clanky/malinaci-jsou-temperamentni-vykonnii-ale-hlavne-zdravi-_148.html).



Obrázek 5. Kříženec německého a belgického ovčáka (Dostupné z: <https://helloworld.com/dogs/malinois-x-pictures/>).

V jedné aktuální studii byla porovnávána tato nejrozšířenější plemena služebních psů, a to německého ovčáka a belgického ovčáka malinois (dále jen Malinois). Předpokládalo se, že Malinois nepředčí německé ovčáky. Hodnocení se skládalo ze dvou sad zkoušek: pachové detekce a poslušnosti. Každý pes na pachovou detekci musel vyhledávat specifické cílové pachy (psychotropní látky, bankovky a tabák) v šesti výcvikových prostorech, které imitovaly skutečná pracoviště. Zkouška poslušnosti se skládala z deseti úkolů, které musel pes splnit. Výsledky pachových zkoušek neodhalily významný rozdíl mezi plemeny. V případě zkoušky poslušnosti bylo skóre vyšší u Malinoisů (84 %) ve srovnání s německými ovčáky (80 %). Studie ukázala, že jsou obě plemena pro tento účel vhodná (Santariová et al. 2023).

3.4.4 Proces výcviku detekčního psa

Spojení služební pes a detekce určitých látek se začala řešit až ve 20. století (Chapman 1990). Výzkumy výcviku detekčních psů se datují do období druhé světové války, ale ve velkém měřítku byl jejich výcvik zaveden až během války ve Vietnamu. Jedna z původních příruček pro výcvik detekčních psů vznikla v období vietnamské války jako součást výzkumného programu Jihozápadního výzkumného institutu v San Antoniu v Texasu (Phillips 1977). Zajímavé je, že na rozdíl od výcvikových postupů založených spíše na donucení byla tato práce ovlivněna rozvíjejícím se oborem behaviorismu s významným vlivem současného výzkumu chování zvířat v oblasti pozitivního posilování a minimalizace averzních technik. Tato příručka zdůrazňuje načasování a časovou náročnost výcviku a také kontrolu motivace potravou (Hall et al. 2021). Faktory, jako je načasování a délka výcviku, hlad nebo žízeň psa, teplota okolí, doba od posledního výcviku nebo interakce s trenérem a mnoho dalších faktorů, mohou ovlivnit motivační stav, a tedy i sklon psa soustředit se a vytrvat při plnění výcvikových úkolů. Kromě toho je nutné zvážit, jak se prostředí a motivační faktory mohou lišit mezi tréninkovým prostředím a konečným pracovním prostředím (MacLean & Hare 2018).

3.4.4.1 Obecné zásady výcviku psa

Psi i odborníci z řad kynologů procházejí dlouhým formálním výcvikem dovedností a praxí (Helton 2005). Ericsson (2001) uvádí soubor čtyř behaviorálních determinant záměrného cvičení u lidí: (1) cvičenec je motivován ke zlepšování, (2) cvičenci jsou zadávány dobře definované úkoly, (3) cvičenec dostává zpětnou vazbu a (4) cvičenec má dostatek příležitostí k opakování. Výcvik kvalifikovaných psů těmito kritériím také odpovídá, ať už se jedná o dovednost detekce narkotik (Slabbert & Rasa 1997) či detekce výbušnin (Gazit & Terkel 2003).

Výcvik psů pro pachovou detekci se bez ohledu na typy používaných pachů značně liší v závislosti na počtu povelů, pachů a různých výstrah používaných pro každého psa. V důsledku toho výcviková paradigmatata zahrnují odlišné úkoly učení založené na kombinacích těchto proměnných (Helton 2009). Dva hlavní parametry, které se u detekčních psů hodnotí, jsou přesnost čichu a rychlost vyhledávání. Oba parametry jsou velmi důležitými aspekty výkonu psa. Od psa je vyžadováno, aby pracoval přesně a nepřehlédl cílový pach, ale také aby pracoval rychle, například na letištích, kde je nutné zkontrolovat spoustu zavazadel ve velmi krátkém čase (Helton 2010; Jezierski et al. 2014).

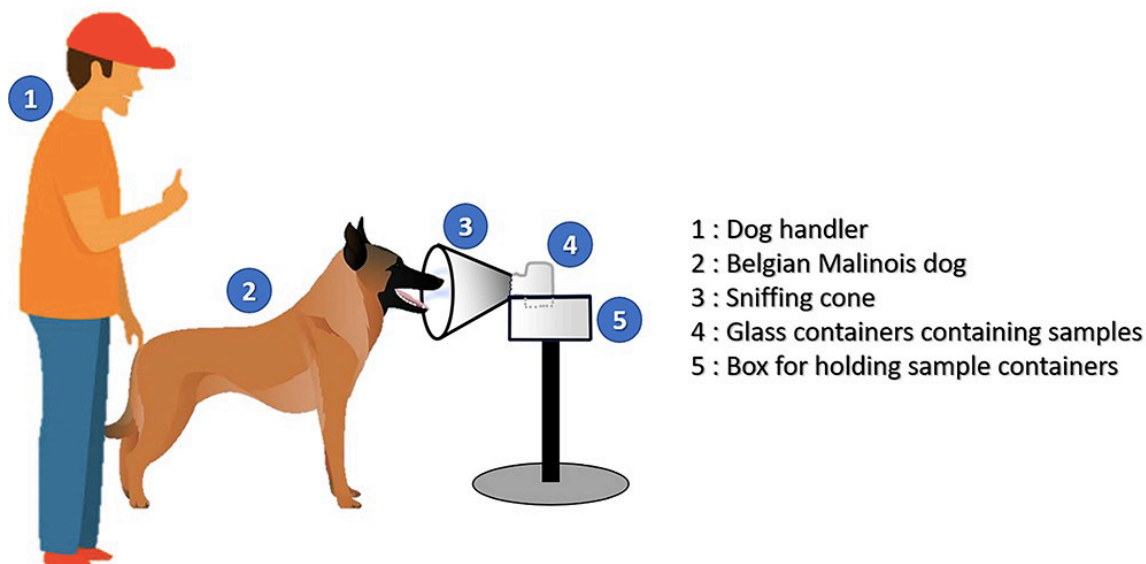
Tréninkové pomůcky vyvinuté pro detekční psy rozpoznávající covid-19 mohou být tvořeny přímo vzorky tělesných tekutin (např. moči, krevní plazmy, krevního séra, sputa, nosních stěrů, slin, výkalů) nebo lidského pachu (dech, pot, pach kůže/těla) zachyceného na substrátu (oděv, gázový polštářek, vatový tampon, nošená chirurgická maska) od infikovaných a neinfikovaných pacientů (ten Hagen et al. 2021). Všechny testované tělní tekutiny jsou podobně vhodné pro spolehlivou detekci osob infikovaných SARS-CoV-2 (Jendry et al. 2021).

Psi pro pachovou detekci se používají v různých situacích, avšak jen velmi málo psů úspěšně dokončí výcvik a mnoho dalších je předčasně vyřazeno ze služby, jak kvůli problémům s přesností detekce v terénu, tak kvůli širším problémům s chováním (Troisi et al. 2019).

3.4.4.2 Délka a průběh výcviku psa

Aby mohli psi sloužit jako detekční psi v ozbrojených silách, musí projít certifikačním procesem, který se skládá ze zkoušek detekce pachů a poslušnosti. Výcvik psa na detekci covid-19 je podobný výcviku na detekci výbušnin (Santariová et al. 2023). Pes je vystaven mnoha vzorkům lidského potu s různými kmeny viru, které byly odebrány různými lidmi s různými příznaky nemoci covid-19. Výcvik probíhá pomocí čichových kuželů (Obrázek 6), které pomáhají psovi vyčlenit pach vzorků vložených do skleněných nádob. Psi jsou zpočátku odměňováni, když označí správný vzorek. Poté jsou psi podrobeni zkoušce se vzorky potu od lidí nakažených virem covid-19 i od lidí bez tohoto viru (Angeletti et al. 2021). Je však třeba použít mnoho vzorků od různých osob. Pokud se použije jen několik, psi se naučí rozlišovat pach jedinců, nikoliv nemoc. Úkolem psa je zobecnit a uvědomit si, že i když jsou všechny tyto pachy odlišné, stále mají tu jednu správnou věc společnou. Je nutné zohlednit i další proměnné, protože psi mohou použít jakýkoli signál, který je pro ně nejjednodušší. Například pokud by se všechny pozitivní vzorky odebraly v nemocnici a všechny negativní vzorky v komunitním centru, psi by vám pravděpodobně řekli, kdo je v nemocnici, a neoznačili by kdo má nemoc.

Čím větší je rozmanitost vzorků, tím širší je zobecnění a tím větší přesnost budou psi mít (Photopoulos 2022).



Obrázek 6. Výcvik psů. Psovod je zodpovědný za vedení psa do čichového kužele. Tento čichací kužel pomáhá psovi vyčlenit pach vzorků vložených do skleněných nádob (Sarkis et al. 2022).

Výcvik může trvat šest až osm týdnů u psa, který je již vycvičen k detekci jiných pachů, nebo tři až šest měsíců u psa, který výcvikem v detekci neprošel. V průběhu výcviku se používá pouze pozitivní posilování (Angeletti et al. 2021).

3.5 Kynologie u Celní správy ČR

„Celní správa ČR se výcvikem a používáním služebních psů zabývá zhruba od roku 1972 a řadu let se pohybuje výhradně v oblasti protidrogové, tedy výcviku služebních psů věnujících se vyhledávání omamných a psychotropních látek. Až po roce 1990 nastal zlom s plněním úkolů Celní správy ČR, kdy byli do služby zařazeni psi hlídkoví. Celní správa ČR, jedna z prvních v Evropě, vycvičila a nasadila do služby psy schopné odhalovat cigarety, tabákové výrobky a ohrožené druhy volně žijících živočichů (CITES). V souvislosti s metanolovou aférou zařadila Celní správa v roce 2013 novou kategorii psů ve vyhledávání lihu. Ve stejném roce začala cvičit i psy určené k vyhledávání bankovek. Mimo uvedené kategorie dnes Celní správa ČR využívá psy vycvičené k detekci zbraní a nábojnic a k vyhledávání osob ukrytých v dopravních prostředcích.“ (Pleskač 2023). Shrnutí výše uvedených kategorií psů dle jejich způsobu nasazení se nalézá v Tabulce 2.

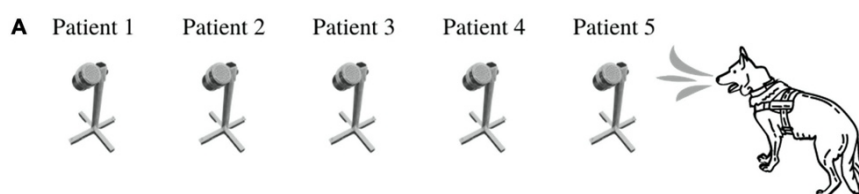
V reakci na aktuální šíření koronaviru SARS-CoV-2 zařadila Celní správa ČR do tradiční kategorie pátrání speciální psy pro detekci onemocnění covid-19. Výcvik probíhal v novém výcvikovém středisku psů v Praze - Kněževsi, na Letišti Václava Havla, České zemědělské univerzitě a na dalších pracovištích mezi které patří nemocnice a domovy seniorů. K výcviku bylo použito více než 8 000 skutečných vzorků (pozitivních i negativních). V červnu 2021 bylo certifikováno pět služebních psů pro vyhledávání nemoci covid-19 (Celní správa 2022).

Tabulka 2. Počet a jednotlivé kategorie služebních psů vycvičených ve Výchovném zařízení služební kynologie Celní správy České republiky (Pleskač 2023).

KATEGORIE:	POČET PSŮ:
Omamné a psychotropní látky (OPL)	4
OPL a zbraně	17
Tabák	21
Tabák a líh	1
Bankovky	1
Bankovky a OPL	3
CITES	1
Obranní psi (vyhledávání osob)	4
Covid-19	5
Psi ve výcviku	5

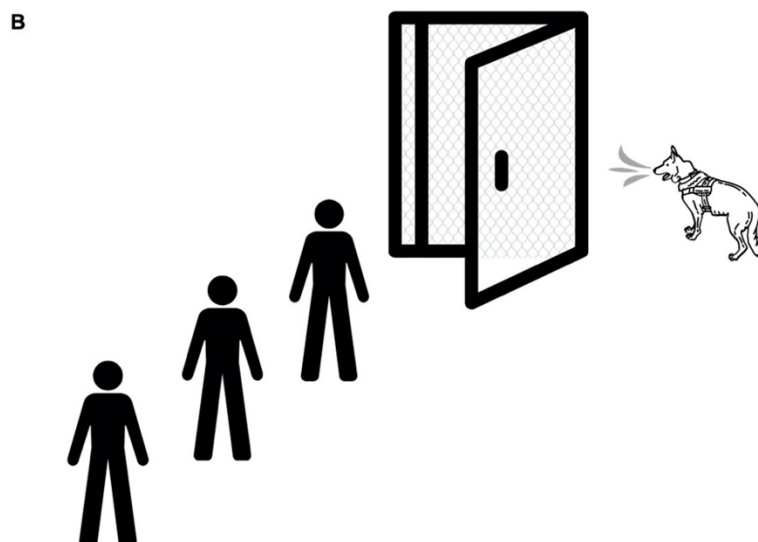
3.5.1 Využití detekčních psů na letištích v rámci pandemie

Existuje několik způsobů nasazení psů během epidemie. Na obrázcích 7-9 jsou znázorněny tři základní způsoby, jakými lze pomocí detekčních psů provádět vyšetření lidí na přítomnost nákazy. První scénář (Obrázek 7) má nejmenší počet rušivých vlivů na psy, protože vyhledávání se skládá z diskretních bodů odběru vzorků v pachových nádobách, statické prezentace pachu (tj. pach se na přecházející osobě nepohybuje), což poskytuje psům dostatečný čas na nasumování pachu (očichání) pachu a umožňuje týmu pro odběr vzorků spolehlivě a reprodukovatelně odebrat vzorek od každého pacienta/osoby. Tento scénář je nejméně nebezpečný ze všech možností nasazení, protože detekční psi mohou být umístěni v oddělené místnosti v rámci zařízení (např. letiště, nemocnice, federální budova), takže nedochází k přímému kontaktu mezi psovodem a veřejností nebo psovodem a vzorky pacientů. Tento scénář také eliminuje možné alergické reakce na psy a interakce s lidmi, kteří se psů bojí.



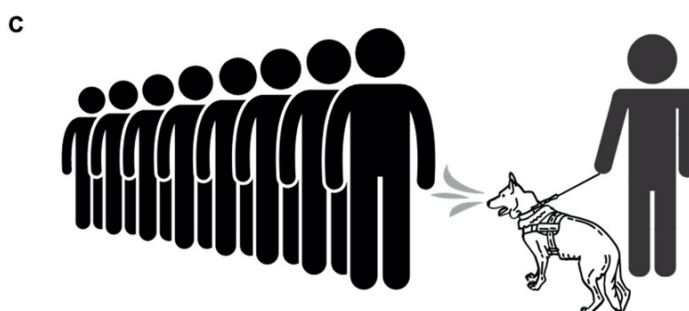
Obrázek 7. Scénář nasazení A znázorňuje nejzákladnější scénář nasazení, při kterém pes vyšetřuje lidi nebo vzorky v oblasti oddělené od ohniska nákazy (Maughan et al. 2022).

Druhý scénář (Obrázek 8) znázorňuje screening lidí kontrolovaným způsobem, při kterém jsou lidé individuálně prohledáváni detekčními psy za síťovou bariérou. Lidé jednotlivě vstupují do malé místnosti, která je rozdělena na polovinu bariérou z pletiva, člověk je na jedné straně a pes na druhé straně. Proudění vzduchu by mělo být zajištěno tak, aby proudil ze strany člověka na stranu psa. Člověku je odebrán vzorek nebo je očichán přes bariéru a poté místnost opustí. Toto uspořádání umožňuje fyzické oddělení pacienta a detekčního psa a zároveň poskytuje celého člověka jako zdroj pachu pro psa. Tento scénář také zachovává větší kontrolu nad operačním prostředím omezením rušivých vlivů a řízením proudění vzduchu (Maughan et al. 2022).



Obrázek 8. Scénář nasazení B znázorňuje psa, který provádí screening osob v oblasti ohniska nákazy, avšak fyzicky odděleně od ostatních lidí (Maughan et al. 2022).

Třetí scénář (Obrázek 9) je ze všech scénářů nasazení nejobtížnější, protože existuje omezená kontrola operačního prostředí, a proto detekční psi nezískají stejný vzorek od každé kontrolované osoby. Při využití prvního scénáře měli psi skutečně tři studie detekce covid-19 souhrnnou senzitivitu a specificitu 88 % resp. 99 % (Otto et al. 2021), když se však jedna výzkumná skupina pokusila využít třetí scénář nasazení, pozitivní prediktivní hodnota prudce klesla na 28,2 % (Vesga et al. 2021).



Obrázek 9. Scénář nasazení C znázorňuje nejsložitější scénář nasazení, při kterém tým psovodů prověřuje lidi buď hromadně, nebo v řadě, přičemž pes může přímo očichávat každého jednotlivce nebo skupinu lidí (Maughan et al. 2022).

Dvě z těchto metod nasazení detekčních psů byly využity během epidemie covid-19. Soukromé společnosti ve Spojených státech nasadily psovody na sportovních akcích (Obrázek 9). Spojené arabské emiráty (SAE) a Finsko využily psovody na letištích, kde byli psovodi drženi ve vyhrazené místnosti pro screening vzorků mimo dosah cestujících (Obrázek 7).

V reálné zkoušce psi očichávali 303 příchozích cestujících na mezinárodním letišti Helsinky-Vantaa ve Finsku (viz Obrázek 10). Každý cestující také podstoupil test PCR. Psi se shodovali s výsledky PCR u 296 z 303 (98 %) vzorků a správně určili čtyři jako negativní u 296 z 300 (99 %) vzorků. Důležitým aspektem při interpretaci tohoto výsledku je skutečnost, že se tak stalo během letištní kontroly, tedy v situaci, kdy není očekáváno, že mnoho lidí bude mít pozitivní test (Kantele et al. 2022).



Obrázek 10. Účelová kabina na mezinárodním letišti Helsinky-Vantaa. (A) Kabina zvenčí s dveřmi do tří místností pro odběr vzorků. (B) Místnost pro odběr vzorků s poklopem pro odevzdání vzorku pro test se psem na pachovou detekci. (C) Místnost pro testování psem na pachovou detekci, na níž jsou vidět dva ze tří poklopů vpravo. (D) Bílý ovčák E.T. uvnitř testovací místnosti, který označuje vzorek uprostřed (č.2) jako pozitivní (Kantele et al. 2022).

Rozsáhlá ověřovací studie s předem vypočítanou velikostí vzorku, provedená na mezinárodním letišti, ukázala, že psi vycvičení k detekci onemocnění covid-19 prověřují vzorky cestujících na letišti s vysokou přesností. Studie zahrnovala čtyři identické sady 420 paralelních vzorků (od 114 jedinců testovaných pozitivně a 306 negativně), které byly náhodně předloženy každému psovi během sedmi zkušebních sezení. Experimenty měly celkovou přesnost 92 %, citlivost 92 % a specifčnost 91 % ve srovnání s RT-PCR. Jedno ze zjištění zdůrazňuje význam průběžného přeškolení s tím, jak se objevují nové varianty. Použití detekčních psů může představovat cenný způsob vysoce výkonného a rychlého screeningu velkého počtu osob (Kantele et al. 2022).

3.5.2 Detekce nemoci covid-19 na letišti Václava Havla

Prohlídky osob detekčním psem na letišti Václava Havla v Praze probíhají tímto způsobem. Po absolvování pasové kontroly obdrží cestující informační leták o detekční kontrole služebními psy na covid-19. Cestující obdrží od člena Celní Správy sterilní roušku nebo gázu, na které bude provedeno pachové sledování. Po cca 3-5 minutách dostane cestující kelímek, vloží do něj nosič (sterilní roušku, gázu) s odebraným vzorkem a kelímek položí na připravený držák. Při kontrole odebraných vzorků stojí psi ve vzdálenosti cca 4 metry od stojanu a nepřijdou do kontaktu s cestujícími. Cestující dodržují bezpečný odstup 2 metry od ostatních. Při kontrole je psůvod chráněn ochranným oděvem, rukavicemi, ochrannými brýlemi, obličejovým štítem nebo respirátorem. Po kontrole obdrží cestující razítko Celní správy ČR na informačním letáku s negativním výsledkem kontroly. Poté si cestující mohou vyzvednout zavazadla a pokračovat. Potvrzený informační lístek si cestující ponechá pro další kontrolu a odjezd z příletové haly. V případě, že pes označí vzorek cestujícího, je nutné laboratorní ověření tohoto podezření. Laboratorní pracovník se dostaví na určené místo a zajistí odběr vzorku vybrané osobě. Osoba bude na místě informována, že se u ní objevilo podezření

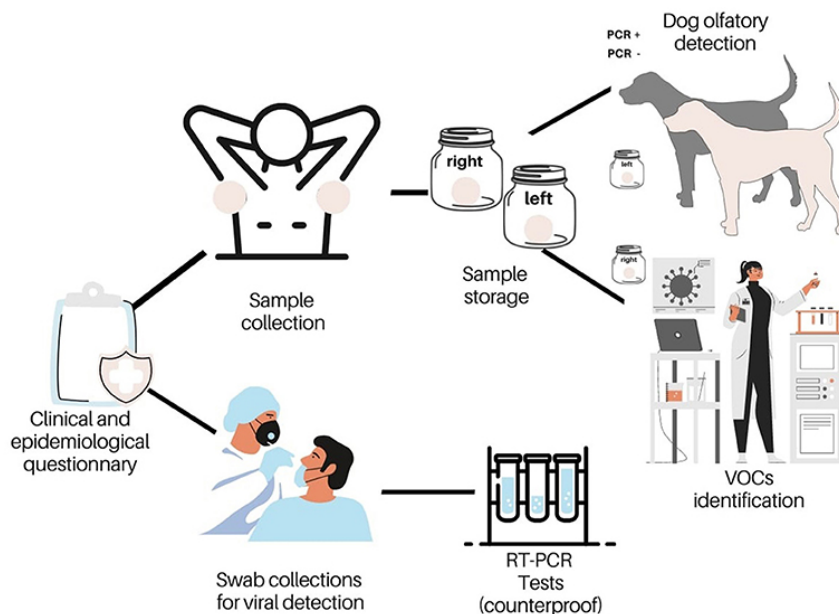
na onemocnění covid-19 a je tedy nutné, aby omezila kontakt s ostatními lidmi a uvedla adresu, na které se bude zdržovat v České republice, dokud jí nebudou zaslány SMS zprávy o výsledcích testu. Pokud je k dispozici test s krátkou dobou vyhodnocení, počká na místě vyhodnocení testu, jinak obdrží respirátor FFP2 a bude převezen do místa bydliště. Po akci je místo dezinfikováno a použitý materiál a vzorky, získané v průběhu celé akce, budou letištěm Praha zlikvidovány jako nebezpečný odpad (Celní správa České republiky 2021).

3.6 Výzkum v pachové detekci covidu-19 za pomoci psa

3.6.1 Práce se vzorky

Pečlivé zacházení se vzorky ze studií in vitro a in vivo, při nichž se používá infekční virus SARS-CoV-2, jakož i se vzorky odebranými od pacientů s podezřením na covid-19 anebo od pacientů s potvrzenou nemocí covid-19, má zásadní význam pro zajištění bezpečnosti výzkumného personálu, zabránění náhodnému uvolnění do životního prostředí a ochranu komunity v okolí výzkumného subjektu (Bain et al. 2020).

Ve studii zabývající se prací se vzorky byly odebrány dva typy vzorků, jeden pro čichový test psů a druhý pro potvrzení diagnózy pacienta pomocí PCR testu, který byl také použit jako protidůkaz výsledku dosaženého psy. Odběr vzorků pro výcvik psů byl proveden tak, že dobrovolník byl požádán, aby si na 20 minut vložil do každého podpaží vatový tampon. Vatové tampony byly odebrány a umístěny odděleně do hermeticky uzavřených skleněných nádob a označeny štítkem pro přesnou identifikaci původu vzorku. Odběry vzorků pro detekci virů pomocí RT-PCR byly prováděny kombinací dvou tamponů z nosohltanu a orofaryngu. Vzorky odebírali odborně vyškolení zdravotníci v městské laboratoři Paudalho při dodržení všech pravidel biologické bezpečnosti. Po odběru byl materiál zabalen a uložen do chlazeného termoboxu, aby se zabránilo kontaminaci vzorků během přepravy. K analýze byly doručeny do 2 hodin od odběru. Vzorky vatových kuliček byly uloženy odděleně, jeden byl použit pro detekci pachů psy a druhý byl uložen pro další analýzu (viz Obrázek 11). Vzorky byly použity 1 týden po odběru, aby byla zajištěna větší bezpečnost, pokud jde o infekci cvičitele a cvičených psů. Ve srovnání s jinými studii tato studie používala méně invazivní klinické vzorky, představovala nižší riziko infekce pro člověka a kontaminaci okolního prostředí než studie používající vzorky ústního a dýchacího sekretu (Maia et al. 2021).



Obrázek 11. Schematické znázornění sběru vzorků (Maia et al. 2021).

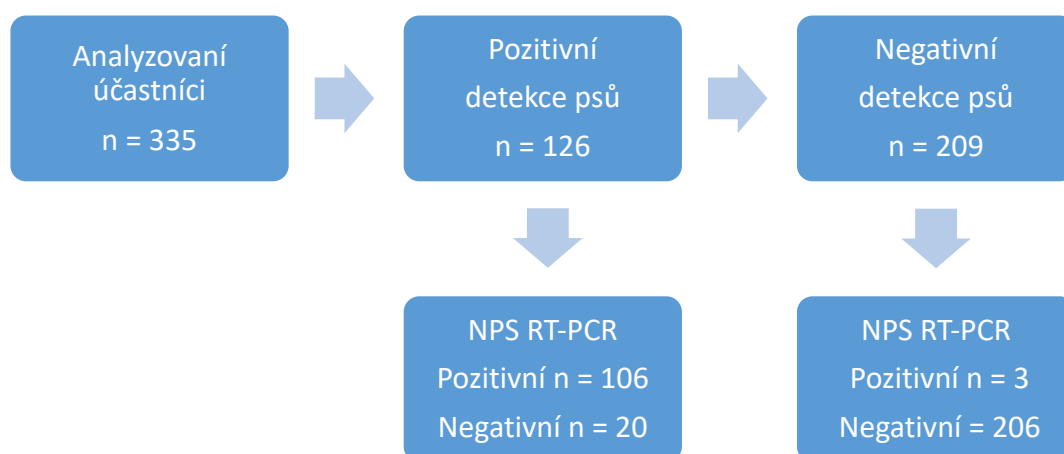
V budoucnu vyvstává potřeba standardizovat výzkumné protokoly a provádět pravidelné dvojité zaslepené testování hodnocení výkonu. Tato potřeba vede k požadavkům na zajištění dostatečného počtu pozitivních vzorků, nezbytnou rozmanitost vzorků, reprezentujících populaci, která má být vyšetřena, vhodnou manipulaci se vzorky a jejich skladování k zachování tělesného pachu a zabránění přenosu onemocnění či kontaminaci vzorků. Tím bude určena citlivost a specifičnost každého psa pro detekci onemocnění covid-19 (Johansson et al. 2021).

3.6.2 Přesnost identifikace vzorku

Grandjean et al. (2020) ve své studii, která byla provedena na třech místech (dvou ve Francii a jednom v Libanonu) podle stejného protokolu, vycházeli z předpokladu, že covid-19 pozitivní osoby mají jiný zápach potu v podpaží než covid-19 negativní osoby a z předpokladu, že psy lze využít k detekci tohoto rozdílu a následně vést k diagnóze covid-19. Bylo vycvičeno osmnáct psů, poté byla testována jejich schopnost identifikovat pozitivní případy, ale pouze osm z nich se dokázalo správně adaptovat a dokončit zkoušku. Během výcviku byly vzorky umístěny do skleněné nádoby napojené na čichový kužel. Psi pak přes čichový kužel postupně očíhávali různé vzorky a jejich psovodi je učili, aby si sedli před ten pozitivní. Výcvik byl založen na pozitivním posilování a doba potřebná k tomu, aby si pes osvojil specifický pach potu covid-19, se pohybovala mezi jednou a čtyřmi hodinami, přičemž celkový počet pozitivních vzorků, které pes očíchal, se pohyboval mezi čtyřmi a deseti. Celkem bylo odebráno 198 vzorků z různých nemocnic, z nichž 101 patřilo pacientům s covid-19 pozitivním a 97 pacientům s covid-19 negativním. Vzorky byly považovány za pozitivní, pokud pacienti měli klinické příznaky covid-19 s pozitivním PCR testem. Vzorky byly prohlášeny negativními, pokud pacienti neměli žádné příznaky covid-19 a test PCR byl negativní. Během studie bylo provedeno celkem 368 pokusů (každý z nich zahrnoval jeden pozitivní a několik negativních vzorků) po dobu 21 dnů. Ve výsledku se schopnost vycvičených psů odhalit pozitivní vzorky (neboli úspěšnost) pohybovala od 83 % do 100 %. Tyto výsledky se výrazně lišily od úspěšnosti

získané pouhou náhodou, což dokazuje, že psi nevybírali pozitivní vzorky náhodně. Je třeba poznamenat, že některé případy byly psy detekovány předtím, než měly jejich nositelé pozitivní test PCR. Konkrétně se to týkalo dvou negativních vzorků, které byly psy detekovány jako pozitivní. To vedlo výzkumníky k opakovanému testování pacientů a jejich druhé testy PCR byly pozitivní. Na druhou stranu autoři uvedli jeden falešně pozitivní případ označený dvěma psy, který byl přičítán ženským sexuálními feromonům, protože pacientce byly odebrány vzorky v jejím plodném období.

V novější studii (Grandjean et al. 2022), byla hodnocena diagnostická přesnost neinvazivní detekce infekce SARS-CoV-2 čichem psů ve srovnání s nasofaryngeální RT-PCR jako referenčním standardem, RT-PCR slin a testováním nasofaryngeálního antigenu. Současně byly odebrány dva výtěry z nosohltanu (NPS), jeden vzorek slin a jeden vzorek potu. Psovodi nebyli informováni, pokud jde o stav covid pozitivity. Do studie bylo zařazeno 335 dospělých osob (143 symptomatických a 192 asymptomatických). Celkem 109 z 335 účastníků mělo pozitivní test nasofaryngeální RT-PCR buď u symptomatických (78/143), nebo u asymptomatických účastníků (31/192). Celková citlivost detekce psů byla 97 % a u asymptomatických jedinců dosáhla dokonce 100 % ve srovnání s NPS RT-PCR. Specificita byla 91 % a u asymptomatických jedinců dosahovala 94 %. Citlivost detekce psů byla vyšší, než citlivost testování nazofaryngeálního antigenu, ale specificita byla nižší (Obrázek 12).



Obrázek 12. Diagnostická přesnost neinvazivní detekce infekce SARS-CoV-2 pomocí čichu psů (Grandjean 2022).

3.6.3 Porovnání citlivosti PCR testu a detekčního psa

Jelikož se pandemie nadále velmi rychle šířila, Jendry et al. (2020) uvažovali o potřebě metody detekce covid-19, která by byla méně časově náročná a méně nákladná než PCR testy. Výzkumníci za tímto účelem odebrali vzorky od sedmi hospitalizovaných pacientů s pozitivním nálezem onemocnění covid-19 (dva tracheobronchiální vzorky a pět vzorků slin) a sedmi zdravých osob. Vzorek byl považován za pozitivní, pokud osoba vykazovala příznaky covid-19 s pozitivní PCR, a za negativní, pokud osoba neměla předchozí anamnézu covid-19, nevykazovala žádné současné příznaky spolu s negativní PCR testem. Všechny infekční vzorky inaktivovali, protože v některých případech se projevil přenos z člověka na zvíře, a tudíž snížili riziko nákazy psů spolu s rizikem nákazy psovodů. Osm detekčních psů bylo vycvičeno na

celkem 10 388 vzorcích a po dobu 7 dnů pomocí systému pro výcvik detekčních psů, který umožňuje podání vzorků automatizovaným a náhodným způsobem bez zásahu cvičitele. Během každého pokusu nebyl pozorovatel studie spolu se psy a jejich psovody předem informován o výsledcích vzorků. Během vlastní studie bylo provedeno 1012 dvojité zaslepených, randomizovaných a automatizovaných podání vzorků. Průměrná míra detekce byla 94 % s citlivostí v rozmezí od 67,9 % do 95,2 % (s průměrem 82,63 %) a specifícností v rozmezí od 92,4 % do 98,9 % (s průměrem 96,35 %). Díky této vysoké míře detekce autoři dospěli k závěru, že psy lze v krátké době vycvičit k detekci pacientů infikovaných virem covid-19. Specifita byla u všech psů vysoká s malým rozsahem variability, což naznačuje nízké riziko falešné positivity. Naopak citlivost byla nižší s velkým rozsahem variability, což naznačuje vysoké riziko falešné negativity. To může být způsobeno krátkou dobou výcviku a výcvikovým zázemím psů. Pozitivní vzorky byly také odebrány od těžce nemocných pacientů, nikoli od presymptomatických nebo asymptomatických jedinců, což mohlo ovlivnit výsledky (Jendry et al. 2020).

Speciálně vycvičení psi na detekci covid-19 prokázali schopnost odhalit presymptomatické a asymptomatické pacienty, u nichž je méně pravděpodobné, že budou vyšetřeni, vzhledem k tomu, že mnozí z nich nemají podezření, že jsou infikováni (Grandjean 2020).

3.6.4 Celková úspěšnost využívání detekčních psů

Mezi pět významných bodů výzkumu detekce onemocnění covid-19 za poslední dva roky patří, že detekční psi byli vycvičeni, testováni a vyhodnocováni ve výzkumných institucích nebo využití v nějakém rozsahu v nejméně dvaceti pěti zemích (Argentina, Rakousko, Austrálie, Belgie, Brazílie, Kambodža, Kanada, Kolumbie, Chile, Česká republika, Salvador, Finsko, Francie, Německo, Indie, Írán, Itálie, Libanon, Rusko, Jihoafrická republika, Švýcarsko, Thajsko, Spojené arabské emiráty, Spojené království, Spojené státy americké). Při hodnocení psi prokázali výsledky v citlivosti a specifícnosti v rozmezí 65 až 100 %, resp. 76 až 99 % (Jendry et al. 2021), což dokládá konzistentnost a robustnost jejich přesnosti detekce navzdory použitým rozdílným metodikám výcviku.

Detekční psi byli nasazeni nejméně ve čtyřech zemích (Finsko, Libanon, Spojené arabské emiráty a Spojené státy americké), které prováděly screening osob na letištích na přítomnost covid-19 (Beech 2021).

V jedné studii psi prokázali schopnost dosáhnout vyšší citlivosti detekce než zlatý standard polymerázové řetězové reakce (RT-PCR) a v kratším čase (Hag-Ali et al. 2021), což ukazuje jejich potenciální úlohu v lékařské diagnostice.

Tito speciálně vycvičení psi rozlišili covid pozitivní od covid negativních vzorků s podobnou účinností bez ohledu na odebrané tělesné tekutiny (tj. sliny, moč a pot) (Jendry et al. 2021), což ukazuje na rozsah neinvazivních vzorků, které jsou detekční psi schopni využít v pandemii. V další studii detekční psi dokázali odlišit infekce SARS-CoV2 od infekcí jinými novými koronaviry, chřipkovými viry, viry parainfluenzy, adenovirem, rhinovirem, metapneumovirem (HMPV) a respiračním syncytiálním virem (RSV) - což jsou všechno etiologická agens běžná u infekcí dýchacích cest (ten Hagen et al. 2021), čímž se prokázal potenciál psů při diferenciální diagnostice.

4 Závěr

Použití psů pro biomedicínskou detekci má potenciál a mnoho výhod, ale také některá omezení. Z literatury vyplývá, že použití detekčních psů lze považovat za screeningovou metodu, zejména u infekčních onemocnění, ale nelze ji považovat za náhradu standardních diagnostických metod, dokud nebude standardizována a validována. Aby bylo možné používat detekční psy jako schválenou screeningovou metodu pro detekci lidských onemocnění, je třeba vyřešit následující otázky: standardizace výcviku psů, technik jejich nasazení (zajištění zobečnění na konkrétní stádia onemocnění, symptomatické a asymptomatické pacienty), a (re)certifikace úředním orgánem.

Úspěšnost uváděná v prvních studiích detekčních psů na onemocnění covid-19 byla srovnatelná nebo lepší než u standardních postupů RT-PCR a antigenních testů. Celkově se prokázalo, že díky vysoké citlivosti a specifčnosti psů je lze použít pro screeningový test na covid-19, a to i v časných a asymptomatických stádiích onemocnění. Detekce infekce SARS-CoV-2 pomocí psů by tedy mohla být vhodnou alternativou k prokázání nemoci covid-19. Bylo by možné uvažovat rovněž o přímém screeningu lidí bez zkoumání vzorků potu nebo slin. V takovém případě by byla nespornou výhodou větší rychlost testování, a z toho vyplývající možnost vyšetření většího počtu osob za danou časovou jednotku. Další výhodou by byl také velký ekonomický přínos takového screeningu, neboť bez nutnosti nákupu a použití schválených diagnostických prostředků by došlo k výraznému snížení nákladů na testování. Důležité je, že čekací doba na výsledky detekce psem na onemocnění covid-19 je několik sekund na rozdíl od hodin nebo dnů u testu RT-PCR. Z toho důvodu by bylo možné omezit například povinnou karanténu zahraničních cestujících při překročení státních hranic. Výsledky nejnovějších studií, získané za použití vzorků lidského potu detekovaných psy, byly srovnatelné s výsledky nazofaryngeálních antigenních testů. Detekce psů pomocí vzorků potu byla ovšem méně invazivní než antigenní testy na nosohltanových vzorcích. Mezi nevýhody této metody, bohužel, nadále zůstává strach ze psů, který projevuje jistý počet osob. Zůstává zde rovněž riziko kontaminace vzorku psem, například jeho vlastními slinami. Vzhledem ke skutečnostem uvedeným v této práci, týkajících se použití psů pro detekci covid-19, je možné doporučit tuto metodu zejména v zařízeních se speciální péčí, jako jsou ústavy pro autisty a děti s Downovým syndromem, pacienty s Alzheimerovou chorobou, apod. Tedy u těch osob, u kterých je téměř nemožné odebrat vzorek pro RT-PCR. Jako další místa, vhodná pro použití screeningu pomocí detekčních psů, se jeví například letiště, přístavy, veřejné akce a také školy, protože je velmi náročné odebírat dětem vzorky několikrát týdně.

Je nutné dodat, že screening psů na SARS-CoV-2 je specifický pro infekci covid-19, a ne pro virové infekce obecně. Nemáme dostatek pacientů negativních na SARS-CoV-2 a pozitivních na jiné koronaviry, abychom věděli, zda je detekce psů specifická pro SARS-CoV-2 nebo pro všechny koronaviry. V neposlední řadě byl tento směr výzkumu cenný pro vývoj nových biosenzorů pro detekci a screening dalších infekčních onemocnění s využitím schopnosti psů vnímat nízké koncentrace infekčních těkavých organických látek. K lepšímu pochopení potenciálu a omezení využití služebních psů pro detekci virových respiračních onemocnění je zapotřebí dalších studií.

5 Literatura

Affenzeller N, Palme R, Zulch H. 2017. Playful activity post-learning improves training performance in Labrador Retriever dogs (*Canis lupus familiaris*). *Physiology & Behavior* **168**:62-73.

Affenzeller N. 2020. Dog–Human Play, but Not Resting Post-Learning Improve Re-Training Performance up to One Year after Initial Task Acquisition in Labrador Retriever Dogs: A Follow-On Study. *Animals* **10**. DOI: 10.3390/ani10071235.

Alpak H, Mutuş R, Onar V. 2004. Correlation analysis of the skull and long bone measurements of the dog. *Annals of Anatomy* **186**:323-330.

Amann A, Costello B de L, Miekisch W, Schubert J, Buszewski B, Pleil J, Ratcliffe N, Risby T. 2014. The human volatilome: volatile organic compounds (VOCs) in exhaled breath, skin emanations, urine, feces and saliva. *Journal of Breath Research* **8**. DOI: 10.1088/1752-7155/8/3/034001.

Angeletti S, Travaglino F, Spoto S, Pascarella MC, Mansi G, de Cesaris M, Sartea S, Giovanetti M, Fogolari M, Plescia D, Macera M, Incalzi RA, Ciccozzi M. 2021. COVID-19 sniffer dog experimental training: Which protocol and which implications for reliable identification?. *Journal of Medical Virology* **93**:5924-5930.

Angle TC, Passler T, Waggoner PL, Fischer TD, Rogers B, Galik PK, Maxwell HS. 2016. Real-Time Detection of a Virus Using Detection Dogs. *Frontiers in Veterinary Science* **2**:79.

Appenzeller T. 2005. Po stopách nové epidemie. *National Geographic* **10**:53.

Bain W, Lee JS, Watson AM, Stitt-Fischer MS. 2020. Practical Guidelines for Collection, Manipulation and Inactivation of SARS-CoV-2 and COVID-19 Clinical Specimens. *Current Protocols in Cytometry* **93**. DOI: 10.1002/cpcy.77.

Banks E, Reeves G, Beral V, Bull D, Crossley B, Simmonds M, Hilton E, Bailey S, Barrett N, Briers P, English R, Jackson A, Kutt E, Lavelle J, Rockall L, Wallis MG, Wilson M, Patnick J. 2004. Influence of personal characteristics of individual women on sensitivity and specificity of mammography in the Million Women Study: cohort study. *British Medical Journal* **329**:477–483.

Barrios AW, Sánchez-Quinteiro P, Salazar I. 2014. Dog and mouse: toward a balanced view of the mammalian olfactory system. *Frontiers in Neuroanatomy* **25**:106.

Beech H. 2021. Around the World, Dogs Are Being Trained to Sniff Out the Coronavirus. *New York Times*. Available at: <https://www.nytimes.com/2021/05/31/world/around-the-world-dogs-are-being-trained-to-sniff-out-the-coronavirus.html> (accessed January 2022).

Brownell DA, Marsolais M. 2002. The Brownell-Marsolais Scale: A proposal for the qualitative evaluation of SAR/disaster K9 Candidates. *Advanced Rescue Technology* **5**:57-67.

Celní správa České republiky. 2021. Kontrola služebním psem na vyhledávání COVID-19. Available at <https://www.celnisprava.cz/cz/Stranky/Psi.aspx> (accessed October 2022).

Celní správa České republiky. 2022. Výcvikové zařízení služební kynologie. Available at <https://www.celnisprava.cz/cz/o-nas/Stranky/vyvcvikove-zarizeni-sluzebni-kynologie.aspx> (accessed October 2022).

Centers for Disease Control and Prevention. 2021. COVID-19. Available at <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/your-health/about-covid-19/basics-covid-19.html> (accessed September 2022).

COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU). Johns Hopkins University. Available at <https://gisanddata.maps.arcgis.com/apps/dashboards/> (accessed September 2022).

Dickey T, Junqueira H. 2021. Toward the use of medical scent detection dogs for COVID-19 screening. *Journal of Osteopathic Medicine* **121**:141-148.

Dinnes J, Sharma P, Berhane S, van Wyk SS, Nyaaba N, Domen J, Taylor M, Cunningham J, Davenport C, Dittrich S, Emperador D, Hooft L, Leeftang MMG, McInnes MDF, Spijker R, Verbakel JY, Takwoingi Y, Taylor-Phillips S, van den Bruel A, Deeks JJ. 2022. Rapid, point-of-care antigen tests for diagnosis of SARS-CoV-2 infection. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. DOI: 10.1002/14651858.CD013705.pub3.

Duffy DL, Hsu Y, Serpell JA. 2008. Breed differences in canine aggression. *Applied Animal Behaviour Science* **114**:441-460.

Dulac C, Herrada G. 1997. A novel family of putative pheromone receptors in mammals with a topographically organized and sexually dimorphic distribution. *Cell* **90**:763-773.

Ericsson KA. 2001. Expertise in interpreting: an expert performance perspective. *Interpreting* **5**:187-220.

Eskandari E, Marzaleh MA, Roudgari H, Farahani RH, Nezami-Asl A, Laripour R, Aliyazdi H, Moghaddam AD, Zibaseresht R, Akbarialiabad H, Zoshk MY, Shiri H, Shiri M. 2021. Sniffer dogs as a screening/diagnostic tool for COVID-19: a proof of concept study. *BMC Infectious Diseases*. DOI: 10.1186/s12879-021-05939-6.

European Center for Disease Prevention and Control. 2021. COVID-19. Available at <https://www.ecdc.europa.eu/en/covid-19> (accessed September 2022).

Feaver J, Mendl M, Bateson P. 1986. A method for rating the individual distinctiveness of domestic cats. *Animal Behaviour* **34**:1016-1025.

Galibert F, Azzouzi N, Quignon P, Chaudieu G. 2016. The genetics of canine olfaction. *Journal of Veterinary Behavior* **16**:86-93.

Gao C-Q, Wang S-N, Wang M-M, Li J-J, Qiao J-J, Huang J-J, Zhang X-X, Xiang Y-Q, Xu Q, Wang J-L, Liu Z-H, Wang J-G, Chen Z-H, Hu P-A, Song Z, Gu S-J, Zhang R-X, Lei L-F, Zhan K-B, Long Y-T, Zhang Y, Ye M, Zhong Z, Liu Y-B, Zhang C, He Z-M, Fang X, Peng J-G, Wang C-Y, Xu H, Xia B-H, Shen L, Tang B-S, Zheng C-W, Li Y-A, Guo J-F. 2022. Sensitivity of Sniffer Dogs for a Diagnosis of Parkinson's Disease: A Diagnostic Accuracy Study. *Movement Disorders* **37**:1807-1816.

Gazit I, Terkel J. 2003. Explosives detection by sniffer dogs following strenuous physical activity. *Applied Animal Behaviour Science* **81**:149–161.

Grandjean D, Sarkis R, Lecoq-Julien C, Benard A, Roger V, Levesque E, Bernes-Luciani E, Maestracci B, Morvan P, Gully E, Berceau-Falancourt D, Haufstater P, Herin G, Cabrera J, Muzzin Q, Gallet C, Bacqué H, Broc J-M, Thomas L, Lichaa A, Moujaes G, Saliba M, Kuhn A, Galey M, Berthail B, Lapeyre L, Capelli A, Renault S, Bachir K, Kovinger A, Comas E, Stainmesse A, Etienne E, Voeltzel S, Mansouri S, Berceau-Falancourt M, Dami A, Charlet L, Ruau E, Issa M, Grenet C, Billy C, Tourtier J-P, Desquilbet L. 2020. Can the detection dog alert on COVID-19 positive persons by sniffing axillary sweat samples? A proof-of-concept study. *PLOS ONE* **15**. DOI: 10.1371/journal.pone.0243122.

Grandjean D, Elie C, Gallet C, Julien C, Roger V, Desquilbet L, Alvergnat G, Delarue S, Gabassi A, Minier M, Choupeaux L, Kerneis S, Delaugerre C, Le Goff J, Treluyer J-M. 2022. Diagnostic accuracy of non-invasive detection of SARS-CoV-2 infection by canine olfaction. *PLOS ONE* **17**. DOI: 10.1371/journal.pone.0268382.

Guest C, Pinder M, Doggett M, Squires C, Affara M, Kandeh B, Dewhirst S, Morant SV, D'Alessandro U, Logan JG, Lindsay SW. 2019. Trained dogs identify people with malaria parasites by their odour. *The Lancet Infectious Diseases* **19**:578-580.

Hag-Ali M, AlShamsi AS, Boeijen L, Mahmmud Y, Manzoor R, Rutten H, Mweu MM, El-Tholoth M, AlShamsi AA. 2021. The detection dogs test is more sensitive than real-time PCR in screening for SARS-CoV-2. *Communications Biology* **4**. DOI: 10.1038/s42003-021-02232-9.

Hall NJ, Smith DW, Wynne CDL. 2014. Effect of odor preexposure on acquisition of an odor discrimination in dogs. *Learning & Behavior* **42**:144-152.

Hall NJ, Johnston AM, Bray EE, Otto CM, MacLean EL, Udell MAR. 2021. Working Dog Training for the Twenty-First Century. *Frontiers in Veterinary Science* **8**. DOI: 10.3389/fvets.2021.646022.

Hardin DS, Anderson W, Cattet J. 2015. Dogs Can Be Successfully Trained to Alert to Hypoglycemia Samples from Patients with Type 1 Diabetes. *Diabetes Therapy* **6**:509-517.

- Helton WS. 2005. Animal expertise, conscious or not?. *Animal Cognition* **8**:67–74.
- Helton WS. 2009. *Canine ergonomics: the science of working dogs*. Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Helton WS. 2010. Does perceived trainability of dog (*Canis lupus familiaris*) breeds reflect differences in learning or differences in physical ability?. *Behavioural Processes* **83**:315-323.
- Hess EH. 1959. Imprinting. *Science* **130**:133-141.
- Horowitz A. 2019. *Být psem: následujeme psa do světa vůní a pachů*. Práh, Praha.
- Horvath G, Andersson H, Nemes S. 2013. Cancer odor in the blood of ovarian cancer patients: a retrospective study of detection by dogs during treatment, 3 and 6 months afterward. *BMC Cancer* **13**. DOI: 10.1186/1471-2407-13-396.
- Chapman SG. 1990. *Police dogs in North America*. Charles C Thomas Publisher, Springfield.
- Jakovcevic A, Elgier AM, Mustaca AE, Bentosela M. 2010. Breed differences in dogs' (*Canis familiaris*) gaze to the human face. *Behavioural Processes* **84**:602-607.
- Jarrom D, Elston L, Washington J, Prettyjohns M, Cann K, Myles S, Groves P. 2022. Effectiveness of tests to detect the presence of SARS-CoV-2 virus, and antibodies to SARS-CoV-2, to inform COVID-19 diagnosis: a rapid systematic review. *BMJ Evidence-Based Medicine* **27**:33-45.
- Jendry P, Schulz C, Twele F, Meller S, Kockritz-Blickwede M, Osterhaus ADME, Ebbers J, Pilchova V, Pink I, Welte T, Manns MP, Fathi A, Ernst C, Addo MM, Schalke E, Volk HA. 2020. Scent dog identification of samples from COVID-19 patients – a pilot study. *BMC Infectious Diseases*. DOI: 10.1186/s12879-020-05281-3.
- Jendry P, Twele F, Meller S, Osterhaus ADME, Schalke E, Volk HA. 2021. Canine olfactory detection and its relevance to medical detection. *BMC Infectious Diseases*. DOI: 10.1186/s12879-021-06523-8.
- Jeziarski T, Adamkiewicz E, Walczak M, Sobczyńska M, Górecka-Bruzda A, Ensminger J, Papet E. 2014. Efficacy of drug detection by fully-trained police dogs varies by breed, training level, type of drug and search environment. *Forensic Science International* **237**:112-8.
- Johansson MA, Quandelacy TM, Kada S, Prasad PV, Steele M, Brooks JT, Slayton RB, Biggerstaff M, Butler JC. 2021. SARS-CoV-2 Transmission From People Without COVID-19 Symptoms. *JAMA Network Open* **4**. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2020.35057.

Kantele A, Paajanen J, Turunen S, Pakkanen SH, Patjas A, Itkonen L, Heiskanen E, Lappalainen M, Desquilbet L, Vapalahti O, Hielm-Björkman A. 2022. Scent dogs in detection of COVID-19: triple-blinded randomised trial and operational real-life screening in airport setting. *BMJ Global Health* **7**. DOI: 10.1136/bmjgh-2021-008024.

Khanna RC, Cicinelli MV, Gilbert SS, Honavar SG, Murthy GSV. 2020. COVID-19 pandemic: Lessons learned and future directions. *Indian Journal of Ophthalmology* **68**:703-710.

Kim H, Hong H, Yoon SH. 2020. Diagnostic Performance of CT and Reverse Transcriptase Polymerase Chain Reaction for Coronavirus Disease 2019: A Meta-Analysis. *Radiology* **296**:E145-E155.

King T, Marston LC, Bennett PC. 2012. Breeding dogs for beauty and behaviour: why scientists need to do more to develop valid and reliable behaviour assessments for dogs kept as companions. *Applied Animal Behaviour Science* **137**:1-12.

Kokocińska-Kusiak A, Woszczyło M, Zybala M, Maciocha J, Barłowska K, Dziecioł M. 2021. Canine Olfaction: Physiology, Behavior, and Possibilities for Practical Applications. *Animals* **11**. DOI: 10.3390/ani11082463.

Krichbaum S, Rogers B, Cox E, Waggoner LP, Katz JS. 2020. Odor span task in dogs (*Canis familiaris*). *Animal Cognition* **23**:571-580.

Lazarowski L, Waggoner P, Hutchings B, Angle C, Porritt F. 2021. Maintaining long-term odor memory and detection performance in dogs. *Applied Animal Behaviour Science* **238**. DOI: 10.1016/j.applanim.2021.105301.

Ley JM, Bennett, PC, Coleman GJ. 2009. A refinement and validation of the Monash Canine Personality Questionnaire (MCPQ). *Applied Animal Behaviour Science* **116**: 220-227.

Lipka M, Strychalski J, Jastrzębska A, Gugolek A. 2017. The performance of German Shepherd and Belgian Shepherd Malinois dogs in obedience, obstacle course, defense and tracking tests. *Polish Journal of Natural Sciences* **32**:3.

Lubow RE, Kahn M, Frommer R. 1973. Information processing of olfactory stimuli by the dog: I. The acquisition and retention of four odor-pair discriminations. *Bulletin of the Psychonomic Society* **1**:143-145.

MacLean EL, Hare B. 2018. Enhanced Selection of Assistance and Explosive Detection Dogs Using Cognitive Measures. *Frontiers in Veterinary Science* **5**. DOI: 10.3389/fvets.2018.00236.

Maia R de CC, Alves LC, Silva JES da, Czyba FR, Pereira JA, Soistier V, Julien CL, Grandjean D, Soares AF. 2021. Canine Olfactory Detection of SARS-COV2-Infected Patients: A One Health Approach. *Frontiers in Public Health* **9**. DOI: 10.3389/fpubh.2021.647903.

Mancilla-Tapia JM, Lozano-Esparza V, Orduna A, Osuna-Chavez RF, Robles-Zepeda RE, Maldonado-Cabrera B, Bejar-Cornejo JR, Ruiz-Leon I, Gonzalez-Becuar CG, Hielm-Bjoerkman A, Novelo-Gonzalez A, Vidal-Martinez VM. 2022. Dogs Detecting COVID-19 From Sweat and Saliva of Positive People: A Field Experience in Mexico. *Frontiers in Medicine*. DOI: 10.3389/fmed.2022.837053.

Mascie Taylor N, Moji K. 2021. *Pandemics. Journal for Peace and Nuclear Disarmament* **4**:47-59.

Maughan MN, Best EM, Gadberry JD, Sharpes CE, Evans KL, Chue CC, Nolan PL, Buckley PE. 2022. The Use and Potential of Biomedical Detection Dogs During a Disease Outbreak. *Frontiers in Medicine* **9**. DOI: 10.3389/fmed.2022.848090.

Maurer M, Seto T, Guest C, Somal A, Julian C. 2022. Detection of SARS-CoV-2 by Canine Olfaction: A Pilot Study. *Open Forum Infectious Diseases* **9**. DOI: 10.1093/ofid/ofac226.

McCulloch M, Jezierski T, Broffman M, Hubbard A, Turner K, Janecki T. 2006. Diagnostic accuracy of canine scent detection in early- and late- stage lung and breast cancers. *Integrative Cancer Therapies* **5**:30–39.

McGarrity ME, Sinn DL, Thomas SG, Marti CN, Gosling SD. 2016. Comparing the predictive validity of behavioural codings and behavioural ratings in a working-dog breeding program. *Applied Animal Behaviour Science* **179**:82-94.

Mina MJ, Parker R, Larremore DB. 2020. Rethinking Covid-19 Test Sensitivity — A Strategy for Containment. *New England Journal of Medicine* **383**:e120. DOI: 10.1056/NEJMp2025631.

Ostrander EA, Wayne RK, Freedman AH, Davis BW. 2017. Demographic history, selection and functional diversity of the canine genome. *Nature Reviews Genetics* **18**:705-720.

Ostrander EA, Wang G-D, Larson G, von Holdt BM, Davis BW, Jagannathan V, Hitte C, Wayne RK, Zhang Y-P. 2019. Dog10K: an international sequencing effort to advance studies of canine domestication, phenotypes and health. *National Science Review* **6**:810-824.

Otto CM, Sell TK, Veenema TG, Hosangadi D, Vahey RA, Connell ND a Privor-Dumm L. 2021. The Promise of Disease Detection Dogs in Pandemic Response: Lessons Learned From COVID-19. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*. DOI: 10.1017/dmp.2021.183.

Palika L. 2007. *The Howell book of dogs: the definitive reference to 300 breeds and varieties*. Wiley Publishing, New Jersey.

Palmer J. 2005. *Psí plemena: praktická encyklopedie: kompletní informace od afghánského chrta až po zlatého retrívra*. Svojtka & Co., Praha.

Pfaller-Sadovsky N, Hurtado-Parrado C, Cardillo D, Medina LG, Friedman SG. 2020. What's in a Click? The Efficacy of Conditioned Reinforcement in Applied Animal Training: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Animals* **10**. DOI: 10.3390/ani10101757.

Phillips RC. 1971. Training dogs for explosives detection. Mississippi University.

Photopoulos J. 2022. The dogs learning to sniff out disease. *Nature* **606**:S10-S11.

Pleskač Jan. Hlavní kynolog Celní správy ČR [ústní sdělení]. Praha. 4.4.2023.

Rauth-Widmann B. 2006. Your dog's senses – Understand how he perceives his world, 2nd ed. Cadmos Equestrian, United Kingdom.

Rebmann A, David E, Sorg MHH. 2000. Cadaver dog handbook: forensic training and tactics for the recovery of human remains. CRC Press, Boca Raton.

Rooney NJ, Bradshaw JWS. 2004. Breed and sex differences in the behavioural attributes of specialist search dogs - a questionnaire survey of trainers and handlers. *Applied Animal Behaviour Science* **86**:123-135.

Rosell F. 2018. Secrets of the Snout: The Dog's Incredible Nose. University of Chicago Press, Chicago.

Santariová M, Polónyiová A, Svobodová I, Procházková R, Chaloupková H. 2023. Comparison of the performance of German Shepherds and Belgian Shepherd Malinois in scent detection tests. *Applied Animal Behaviour Science* **258**. DOI: 10.1016/j.applanim.2022.105823.

Sarkis R, Lichaa A, Mjaess G, Saliba M, Selman C, Lecoq-Julien C, Grandjean D, Jabbour NM. 2022. New method of screening for COVID-19 disease using sniffer dogs and scents from axillary sweat samples. *Journal of Public Health* **44**:36-41.

Slabbert JM, Rasa OAE. 1997. Observational learning of an acquired maternal behaviour pattern by working dog pups: an alternative training method. *Applied Animal Behaviour Science* **53**:309–316.

Slabbert JM, Odendaal JSJ. 1999. Early prediction of adult police dog efficiency - a longitudinal study. *Applied Animal Behaviour Science* **64**:269-288.

Svartberg K. 2002. Shyness–boldness predicts performance in working dogs. *Applied Animal Behaviour Science* **79**:157-174.

Svartberg K, Forkman B. 2002. Personality traits in the domestic dog (*Canis familiaris*). *Applied Animal Behaviour Science* **79**:133-155.

Taverna G, Tidu L, Grizzi F, Torri V, Mandressi A, Sardella P, La Torre G, Cocciolone G, Seveso M, Giusti G, Hurler R, Santoro A, Graziotti P. 2015. Olfactory System of Highly Trained Dogs Detects Prostate Cancer in Urine Samples. *Journal of Urology* **193**:1382-1387.

Taylor D. 2008. *O psech: velká kniha*. Knižní klub, Praha.

ten Hagen NA, Twele F, Meller S, Jendry P, Schulz C, von Köckritz-Blickwede M, Osterhaus A, Ebbers H, Pink I, Welte T, Manns MP, Illig T, Fathi A, Addo MM, Nitsche A, Puyskens A, Michel J, Krause E, Ehmann R, von Brunn A, Ernst C, Zwirgmaier K, Wölfel R, Nau A, Philipp E, Engels M, Schalke E, Volk HA. 2021. Discrimination of SARS-CoV-2 Infections From Other Viral Respiratory Infections by Scent Detection Dogs. *Frontiers in Medicine* **8**. DOI: 10.3389/fmed.2021.749588.

Troisi CA, Mills DS, Wilkinson A, Zulch HE. 2019. Behavioral and Cognitive Factors That Affect the Success of Scent Detection Dogs. *Comparative Cognition & Behavior Reviews* **14**:51-76.

Turcsán B, Kubinyi E, Miklósi Á. 2011. Trainability and boldness traits differ between dog breed clusters based on conventional breed categories and genetic relatedness. *Applied Animal Behaviour Science* **132**:61-70.

Vandenberg O, Martiny D, Rochas O, van Belkum A, Kozlakidis Z. 2021. Considerations for diagnostic COVID-19 tests. *Nature Reviews Microbiology* **19**:171-183.

van Rooy D, Arnott ER, Early JB, McGreevy P, Wade CM. 2014. Holding back the genes: limitations of research into canine behavioural genetics. *Canine Genetics and Epidemiology* **1**:7-17.

Vas J, Topál J, Gácsi M, Miklósi Á, Csányi V. 2005. A friend or an enemy? Dogs' reaction to an unfamiliar person showing behavioural cues of threat and friendliness at different times. *Applied Animal Behaviour Science* **94**:99-115.

Veselovský Z. 2005. *Etologie: biologie chování zvířat*. Academia, Praha.

Vesga O, Agudelo M, Valencia-Jaramillo AF, Mira-Montoya A, Ossa-Ospina F, Ocampo E, Ciuderis K, Perez L, Cardona A, Aguilar Y, Agudelo Y, Hernandez-Ortiz JP, Osorio JE. 2021. Highly sensitive scent-detection of COVID-19 patients in vivo by trained dogs. *PLOS ONE*. DOI: 10.1371/journal.pone.0257474.

Williams M, Johnston JM. 2002. Training and maintaining the performance of dogs (*Canis familiaris*) on an increasing number of odor discriminations in a controlled setting. *Applied Animal Behaviour Science* **78**:55-65.

Wilsson E, Sundgren P. 1997. The use of a behaviour test for the selection of dogs for service and breeding, I: Method of testing and evaluating test results in the adult dog, demands on different kinds of service dogs, sex and breed differences. *Applied Animal Behaviour Science* **53**:279-295.

World Health Organization. 2022. Coronavirus disease (COVID-19). Available at <https://www.who.int/health-topics/coronavirus> (accessed September 2022).

6 Zdroje obrázků

Obrázek 1: Centers for Disease Control and Prevention. 2021. COVID-19. Available at <https://www.cdc.gov/media/subtopic/images.htm> (accessed December 2022).

Obrázek 2: Jendry P, Twele F, Meller S, Osterhaus ADME, Schalke E, Volk HA. 2021. Canine olfactory detection and its relevance to medical detection. *BMC Infectious Diseases*. DOI: 10.1186/s12879-021-06523-8.

Obrázek 3: Working dog. 2005. Milka del Camino Duro. Available at <https://en.working-dog.com/dogs-details/6243016/Milka-del-Camino-Duro> (accessed April 2023).

Obrázek 4: Ecanis. 2023. Maliňáci jsou temperamentní, výkonní, ale hlavně zdraví!. Available at https://www.ecanis.cz/clanky/malinaci-jsou-temperamentni-vykonni-ale-hlavne-zdravi-_148.html (accessed April 2023).

Obrázek 5: Hellobark. 2023. Malinois X Pictures. Available at <https://hellobark.com/dogs/malinois-x-pictures/> (accessed April 2023).

Obrázek 6: Sarkis R, Lichaa A, Mjaess G, Saliba M, Selman C, Lecoq-Julien C, Grandjean D, Jabbour NM. 2022. New method of screening for COVID-19 disease using sniffer dogs and scents from axillary sweat samples. *Journal of Public Health* **44**:36-41.

Obrázek 7, 8, 9: Maughan MN, Best EM, Gadberry JD, Sharpes CE, Evans KL, Chue CC, Nolan PL, Buckley PE. 2022. The Use and Potential of Biomedical Detection Dogs During a Disease Outbreak. *Frontiers in Medicine* **9**. DOI: 10.3389/fmed.2022.848090.

Obrázek 10: Kantele A, Paajanen J, Turunen S, Pakkanen SH, Patjas A, Itkonen L, Heiskanen E, Lappalainen M, Desquilbet L, Vapalahti O, Hielm-Björkman A. 2022. Scent dogs in detection of COVID-19: triple-blinded randomised trial and operational real-life screening in airport setting. *BMJ Global Health* **7**. DOI: 10.1136/bmjgh-2021-008024.

Obrázek 11: Maia R de CC, Alves LC, Silva JES da, Czyba FR, Pereira JA, Soistier V, Julien CL, Grandjean D, Soares AF. 2021. Canine Olfactory Detection of SARS-COV2-Infected Patients: A One Health Approach. *Frontiers in Public Health* **9**. DOI: 10.3389/fpubh.2021.647903.

Obrázek 12: Grandjean D, Elie C, Gallet C, Julien C, Roger V, Desquilbet L, Alvergnat G, Delarue S, Gabassi A, Minier M, Choupeaux L, Kerneis S, Delaugerre C, Le Goff J, Treluyer J-M. 2022. Diagnostic accuracy of non-invasive detection of SARS-CoV-2 infection by canine olfaction. *PLOS ONE* **17**. DOI: 10.1371/journal.pone.0268382.

7 Zdroje tabulek

Tabulka 2: Pleskač Jan. Hlavní kynolog Celní správy ČR [ústní sdělení]. Praha. 4.4.2023.